



Teemu Silvennoinen

TANDEMIN TYÖVALSSIEN HIOMAKIVITESTIT

TANDEMIN TYÖVALSSIEN HIOMAKIVITESTIT

Teemu Silvennoinen
Opinnäytetyö
Kevät 2013
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka, koneautomaatio

Tekijä: Teemu Silvennoinen

Opinnäytetyön nimi: Tandemin työvalssien hiomakivitestit

Työn ohjaaja: Jukka Kinnula

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2013

Sivumäärä: 69 + 0 liitettä

Tämän opinnäytetyön aiheena oli Outokummun kuumavalssaamon hiomakoneella suoritettava FX:n eli Tandemin työvalssien hionnan optimointi. Tandemiksi kutsutaan Steckel-valssaimen jälkeen tulevia kolmea valssituolia. Tavoitteena oli selvittää valssien nopein hionta-aika, kun profiili ja materiaalipoisto pysyvät entisellä tasollaan. Testeissä vertailtiin eri valmistajien hiomalaikkoja.

Testien tavoitteena oli saada uusille hiomalaikoille oma hionta-ohjelma ja standardisoitu testiohjelma myöhemmin tehtäville testeille. Jokaisen kiven hionnoista tulostettiin hiontatiedot. Tiedot kerättiin Excel-taulukkoon tarkastelua varten. Hionnoista poistettiin uuden valssin profiiliin hionnat, säröhionnat sekä hionnat, joiden hyväksyntään kesti liian kauan aikaa erinäisten asioiden vuoksi. Vuorossa olevat hiojat voivat olla esimerkiksi vaihtamassa linjalle tukivalssseja, laakeroimassa valssseja, palaverissa tai korjaamassa automaattihäiriötä, jolloin valvomo jää tyhjilleen. Tukivalssien vaihdossa linjan valssaajat siirtävät tukivalssit valssin vaihtovaunua apuna käyttäen hiomon puolelle.

Hiontojen tuloksista saatiin selville eri hiomalaikkojen tehokkuus materiaalin poistossa sekä hionta-ajassa. Selvisi, että Norton-hiomalaikalla suoritettujen hiontojen materiaalin poisto oli noin 0,50 kg/min keskimääräisesti sekä hionta-aika alle 17 minuuttia. Nortonin hiomalaikka selviytyi testeistä parhailla tuloksilla verrattaessa SlipNaxosin (3M) ja Tyrolitin valmistamiin hiomalaikkoihin. Tuloksissa ei vertailtu hiomalaikkojen hinta-laatusuhdetta, joten Outokummun kuumavalssaamon tehtäväksi jää valita yritykselle paras mahdollinen laikka.

Asiasanat: valssihiomo, hionta, hiontavirheet, hiomalaikka, valssit

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Mechanical and Production Engineering, Machine Automation

Author: Teemu Silvennoinen
Title of thesis: Tandem's work rolls grinding tests
Supervisor: Jukka Kinnula
Term and year when the thesis was submitted: spring 2013
Pages: 69 + 0 appendices

The aim of the thesis project was to optimize the grinding method of the tandem's work rolls. Tandem is common name for the upcoming three rolling stands after the Steckel rolling mill. The main goal was to clarify out the fastest roll grinding time with same profile and material removal rate. Different grinding wheels are compared in the tests.

The aim was to introduce own programs to new grinding wheels, as well as standardized test program for the subsequent tests. Information for each grinding was printed and collected in Excel sheet.

From the results the efficiency of material removal was detected in addition to grinding efficiency of different grinding wheels. It turned out that Norton wheel had material removal rate around 0.50 kg/minute and the grinding time less than 17 minutes. Norton grinding wheel performed best in comparison to Slip-Naxos (3M) and Tyrolit wheels. Comparison with price and quality ratio was not included and remains as Outokumpu's future task.

Keywords: roll shops, grinding, grinding errors, grinding wheel

ALKULAUSE

Opinnäytetyöstä haluan kiittää Outokumpu Oy:tä, joka tarjosi minulle aiheen lopputyöhön. Erityisesti haluan kiittää prosessin kehitysinsinööri Seppo Lanttoa ja hiomon päivätyönjohtaja Janne Junesta avusta ja tuesta lopputyön aikana. Lisäksi kiitos kolmesta kesästä, joina olen ollut kesäharjoittelijana valssihiomossa. Kiitokset myös Oulun seudun ammattikorkeakoululle ja lehtori Jukka Kinnulalle työn ohjauksesta.

21.1.2013

Teemu Silvennoinen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
1 JOHDANTO	8
2 OUTOKUMPU TORNIO WORKSIN KUUMAVALSSAAMO	9
3 HIONTA	10
3.1 Pyörö- ja pituushionta	10
3.2 Lastuamistapahtuma	12
3.3 Hiomalaikat	13
3.3.1 Karkeus	14
3.3.2 Kovuus	15
3.3.3 Rakenne	16
3.4 Hioma-aineet	17
3.4.1 Alumiinioksidi (A) ja piikarbidi (C)	18
3.4.2 Timantti (D)	19
3.4.3 Kuutiohilainen boorinitridi (B)	20
3.5 Sideaineet	20
3.6 Hiomalaikkatyypit	20
3.7 Hiomalaikan valmistusvaiheet	21
3.8 Hiomalaikan käyttöönotto kuumavalssaamalla	24
3.9 Hiontavirheet	27
3.10 Lastuamisnesteet	28
4 VALSSIT	30
4.1 Valssien käyttötarkoitukset	31
4.2 Kuumavalssaus	32
4.3 Valssien materiaalit	35
4.4 Valssien muoto	36
4.5 Kuumavalssaamon valssihiomakoneet	38
4.5.1 Pomini 3 ja 4	38
4.5.2 Herkules WS450 ja WS850	40

4.6 Tarkastuslaitteistot	42
4.6.1 Halkaisijamittaus	42
4.6.2 Särömittaus	44
4.6.3 Ultraäänimittaus	46
4.6.4 Linjoitus	46
4.7 Valssien hiontavirheet	47
5 TESTIEN HIOMALAIKAT JA OHJELMAN SISÄLTÖ	50
5.1 Testien hiomalaikat	50
5.2 Hiontaohjelma	51
5.3 Hiontatiedot	52
6 TULOKSET	55
6.1 SlipNaxos-hiomalaikkatestit	55
6.2 Norton-hiomalaikkatestit	56
6.3 Tyrolit-hiomalaikkatestit	57
6.4 Yhteenveto kaikista hionnoista	59
7 TULOSTEN ANALYSOINTI	61
7.1 SlipNaxos-hiomalaikka	61
7.2 Norton-hiomalaikka	62
7.3 Tyrolit-hiomalaikka	63
7.4 Yhteenveto normaalihionnoista	64
8 YHTEENVETO	66
LÄHTEET	68

1 JOHDANTO

Outokumpu on yksi maailman johtavista ruostumattoman teräksen tuottajista. Ruostumaton teräs syntyy monivaiheisen prosessin kautta, jossa monet tekijät vaikuttavat lopputuotteen laatuun. Tuotteen laatu ja valmistuksen turvallisuus ovat nykypäivänä erittäin tärkeässä asemassa. Outokummun tehtailla turvallisuus onkin tavoitteena tärkein. Turvallisuus ennen tonneja -tunnuslause kuva- taakin turvallisuuden merkitystä toiminnassa.

Opinnäytetyössä selvitetään kuumavalssausprosessin tärkeimpiin työkaluihin lukeutuvien Tandemin työvalssien hionnan nopeinta hionta-aikaa pinnanlaadun, profiilin ja materiaalipoiston pysyessä entisellä tasollaan. Kuumavalssauksessa valssin pinta kuluu ja se menettää muotonsa. Hionnalla pystytään poistamaan aiheutuneet vauriot, kulumat, ja palauttamaan valssille tarvittava muoto. Vals- sien kunto vaikuttaa suoraan kuumanauhan pinnanlaatuun.

Työ painottuu Pomini 4 -hiomakoneella suoritettaviin Tandemin työvalssien hi- ontaan. Työssä vertaillaan kolmen valmistajan hiomalaikkaa: Norton, SlipNaxos (3M) ja Tyrolit. Hiontatiedot kerätään jokaisen hiomalaikan eliniältä. Työssä ver- taillaan hionta-aikaa, materiaalin poistoa sekä G-arvoa, joka kuvastaa poistetun materiaalin ja kiven kuluman suhdetta. Työssä ei vertailla hiomalaikkojen hinta- laatusuhdetta vaan pelkästään laikan suorituskykyä. Outokumpu saa tietoa hi- onnoista sekä parempaa käsitystä valmistajien hiomalaikoista Tandemin työ- valsseille ja niiden suorituskyvyistä.

2 OUTOKUMPU TORNIO WORKSIN KUUMAVALSSAAMO

Kromimalmin löytäminen Kemistä vuonna 1959 on vaikuttanut merkittävästi Kemi–Tornio-alueen elämään. Kaivos käynnisti toimintansa vuonna 1964, ja vuonna 1968 käynnistyi ferrokromisulatto. Tornioon perustettiin terästehdas kovan kilpailun jälkeen lopulta vuonna 1976. Terästehdas käsitti alun perin teräsulaton ja kylmävalssaamon. Kapasiteetti oli tuolloin 50 000 tonnia vuodessa. (Outokumpu. 2009.)

Vuosien 1976–1988 valmistetut ahiot valssattiin pääosin Rautaruukin Raahen tehtaalla, ennen kuin kuumavalssaamo käynnistyi Torniossa. Kuumavalssaamon rakentaminen oli välttämätöntä liiketoiminnan ja kilpailukyvyn kannalta. Raahen tehtaalla valssatut ahiot aiheuttivat kuljetuskustannuksia, vuokravalsauksesta aiheutuvia kuluja sekä pitkät toimitusajat tuotteille. (Outokumpu. 2009.)

Kuumavalssaamo suunniteltiin 200 000 tonnin tuotannolle 2-vuorojärjestelmällä ajettaessa. Automaation kehittyminen ja maailmalta saadut kokemukset osoittivat, että Steckel-valssaimen tuotteiden laatu on riittävä ruostumattoman teräksen valmistamiseen. (Outokumpu. 2009.)

Vuosina 2000–2002 rakennettiin Steckel-valssaimen perään Tandem-valssituolit, joilla kuumanauhan pinnanlaatu saatiin paremmaksi ja näin ollen vuosikapasiteettia saatiin nostettua ylemmäksi uuden askelpalkkiuunin myötä. Vuonna 2007 otettiin käyttöön kupu-uunit, joissa hehkutetaan osa ferriittisistä kuumanauhoista. (Outokumpu. 2009.)

3 HIONTA

Hiontaa on käytetty kappaleiden muokkaamiseen jo antiikin aikoina. 1400-luvun lopulla Leonardo da Vinci on käyttänyt jo hiomarakeilla päällystettyä laikkaa hionnassa. Viimeisen sadan vuoden aikana hiontatekniikka on tullut joukkotouannon käyttämäksi menetelmäksi, minkä seurauksesta hiomakoneista on kehittynyt tarkkuustyökaluja. Teollisuusmaissa hionnan osuus lastuamisesta on 20–25 %. Hionta on siis osatekijänä lähes jokaisen kappaleen valmistuksessa jopa rouhinnasta viimeistelyyn. Hionta mahdollistaa työstön laajalle ainevalikoimalle. Hionnalla työstetään erityisesti suuren kovuuden omaavia aineita. (Ihalainen – Aaltonen – Aromäki – Sihvonen 2009, 197.)

Hionnan asemaa on vahvistanut mahdollisuus suorittaa kappaleen rouhinta ja viimeistely käyttämällä samaa kiinnitystä. Hionta täyttää myös luotettavasti kappaleille asetetut vaatimukset, joita ovat mitta, geometria ja pinnankarheus. Lastuavan terän, hioma-ainerakeen, muoto on epämääräinen. Hioma-ainerakeiden lukuisat särmät irrottavat hiottavaa ainetta ja vaikuttavat pinnankarheuteen ja mittatarkkuuteen. (Ihalainen ym. 2009, 197.)

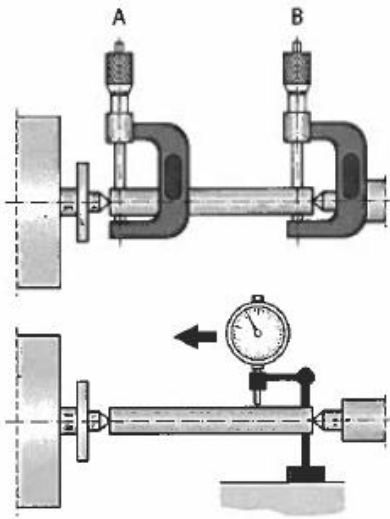
3.1 Pyörö- ja pituushionta

Ulkopuolista pyöröhiontaa kutsutaan pyöröhionnaksi ja sisäpuolista pyöröhiontaa reikähionnaksi. Sylinterimäisiä ja kartiomaisia pintoja valmistetaan usein pyöröhiontamenetelmällä. Hionnalla saavutetaan hyvä mittatarkkuus ja pinnanlaatu. Pyöröhiomakoneen rungon on oltava tukeva, jotta kone toimii värinättömästi. (Maaranen 2012, 108.)

Pituushionta on tavallisin pyöröhiontamenetelmä. Työkappale kiinnitetään kärkien väliin tai istukkaan. Koneen pöytä tekee edestakaista liikettä työkappaleeseen nähden. Pyörivä hiomalaikka hioo työkappaleen pinnasta ohutta kerrosta. (Maaranen 2012, 110.)

Hionnassa hiomavarat ovat yleensä pieniä. Tarkoituksena on suuri mittatarkkuus, joten koneen pöydän pitää olla säädetty siten, että tasapaksun akselin hiominen on mahdollista. Hionnan tulos voidaan tarkistaa mittaamalla työkappa-

leen molemmat päät hionnan jälkeen mikrometrillä. Koneen säätäminen voidaan suorittaa käyttämällä tasapaksua tarkastustuurnaa. Kun pöytää liikutetaan, tulos nähdään koneen runkoon kiinnitetystä mittakellosta, jonka mukaan koneen yläpöytää käännetään tarpeen mukaan. (Maaranen 2012, 110.) Kuvassa 1 nähdään tarkemmin työkappaleen lieriömäisyyden tarkastus.

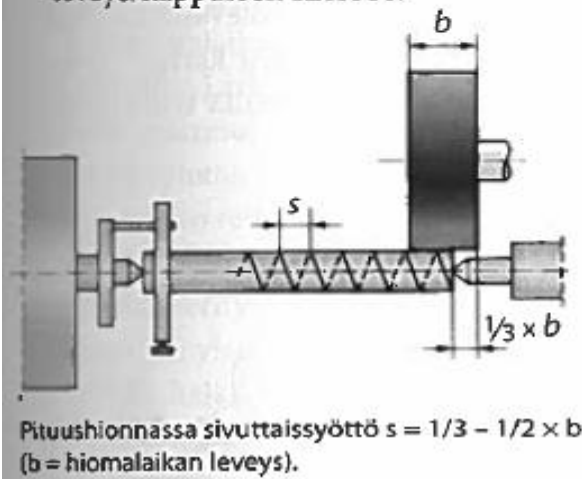


KUVA 1. Akselin lieriömäisyyden tarkastus (Maaranen 2012, 111)

Hiomakoneella hiontaliike on säädettävä siten, että iskun lopussa ainoastaan noin 1/3 laikan leveydestä tulee kappaleen yli. Kappaleen pää ohenee muuten hiomapaineen kasvettua. Hiomavarat 10–100 mm:n halkaisijoille ovat 0,2–0,5 mm. (Maaranen 2012, 111.) Kuvassa 2 nähdään ohjearvoja teräksen pyörö-
hiontaan.

Ohjearvoja teräksen pyöröhiontaan:

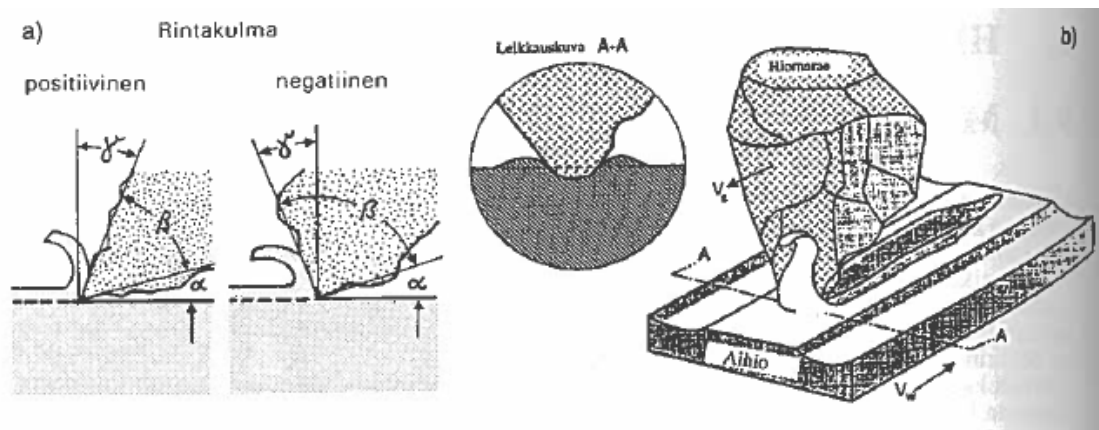
- hiomalaikan kehänopeus 35 m/s
- työkappaleen kehänopeus
 - karkea hionta 15–30 m/min
 - hieno hionta 6–12 m/min
- lastuamissyvyys
 - karkea hionta 0,01–0,03 mm
 - hieno hionta 0,003–0,005 mm
- sivuttaissyöttö $1/3 - 1/2 \times$ hiomalaikan leveys/kappaleen kierros.



KUVA 2. Teräksen hionnan ohjearvot (Maaranen 2012, 111)

3.2 Lastuamistapahtuma

Leikkausmekanismin välityksellä tapahtuu aineen irtoaminen hionnassa. Aineen leikkaustasolla, -kulmalla ja elastisella ja plastisella muodonmuutoksella on suuri merkitys. (Ihalainen ym. 2009, 198.) Koska hiomarakeiden muoto on epämääräinen, hiomarakeet muodostavat työstettävään pintaan erisuuruisia rinta- ja päästökulmia. Rintakulma on usein negatiivinen. Lastuaminen tehdään siis kaapimalla. (Maaranen 2012, 88.) Kuvassa 3 nähdään positiivinen ja negatiivinen rintakulma sekä pinnan muokkautumisesta.



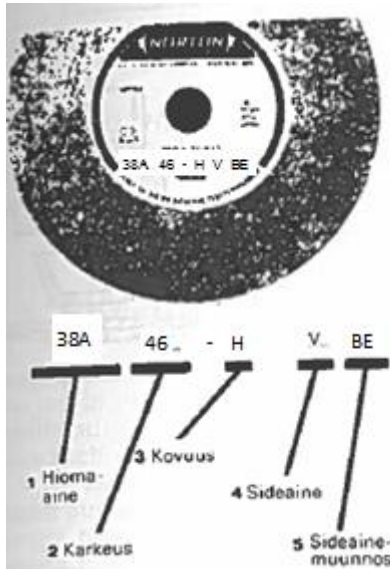
KUVA 3. a) Hionnassa on rintakulma valtaosin negatiivinen, b) lastuamisessa pinta myös muokkautuu (Ihalainen ym. 2009, 198)

3.3 Hiomalaikat

Hiomalaikka koostuu sideaineesta ja hioma-ainerakeista. Käyttötarkoitusta varten valitaan sopiva hiomalaikan koko ja geometrinen muoto. Ilmahuukosten ja sideaineen osuus laikassa vaikuttaa laikan avoimuuteen eli lastutilaan. Hiontametelmästä aiheutuva kosketuskaaren pituus määrittää lastuamisarvojen ohella laikan rakenteen. Avointa laikkaa käytetään pitkällä kosketuskaarella. (Ihalainen ym. 2009, 203.)

On erittäin tärkeää, että hioma-aineet ja sideaineet ovat tasan jaettu hiomalaikassa. Tämä antaa jatkuvan suorituskyvyn laikan eliniän aikana. (Roll grinding handbook. 2007, 12.)

Kuvassa 4 nähdään hiomalaikan merkintöjä. Näitä ovat hioma-aine, karkeus, kovuus, sideaine ja sideainemuunnos.



Hiomalaikan laatumerkintä:

1. Hioma-aine: A = Al_2O_3

C = SiC

38 valmistajan mukainen puhtausaste.

2. Karkeus:

Hioma-ainerakeen koko jaoteltuna seulalla, jossa on ilmoitettu lankojen lukumäärä tuumaa kohti. Mesh-jaottelu.

3. Kovuus

Kovuus ilmaisee voiman, jolla sideaine kiinnittää hioma-ainerakeet paikoilleen. Kovuus ilmaistaan isolla kirjaimella A:sta Z:aan.

4. Sideaine:

Hiomarakeet sidotaan laikaksi valtaosin ke-raamisella sideaineella.

5. Sideainemuunnos:

Sideaineen tarkempi määrittely.

KUVA 4. Hiomalaikan tunnusluvut (Ihalainen ym. 2009, 202)

3.3.1 Karkeus

Hiomajyvästen karkeutta kuvataan numeroilla, jotka vastaavat jyvästen lajitte-luun käytettävien seulojen aukkolukumäärää pituustuumaa kohti. Karkeutta 24 olevat hiomajyväset läpäisevät seulan, jossa on 20 aukkoa pituustuumalla, mut-ta jäävät seulalle, jossa on 24 aukkoa pituustuumalla. Alla olevassa luettelossa ovat määritelmät eri karkeuksille:

- karkea 10, 12, 14, 16, 20, 24
- keskikarkea 30, 36, 46, 54, 60
- hieno 70, 80, 90, 100, 120
- erittäin hieno 150, 180, 200, 220, 240, 280, 320, 400, 500, 600.

Karkea laikka valitaan, kun hiomajälki saa olla karkea ja sallitaan suuri hioma-teho. Hieno laikka valitaan, kun halutaan hyvä pinnanlaatu. Se soveltuu parhai-ten viimeistelyhiontaan. (Maaranen 2012, 97.) Kuvassa 5 nähdään, miten seulo-jen lukumäärä vaikuttaa laikan karheuteen.



KUVA 5. Seulojen määrä vaikuttaa karheuteen (Maaranen 2012, 96)

3.3.2 Kovuus

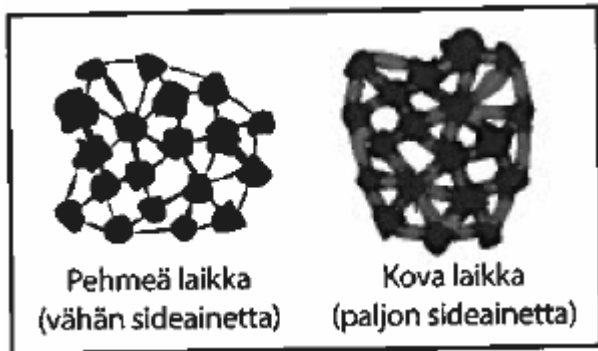
Sideaine määrää laikan kovuuden. Laikan sanotaan olevan kova, jos sideainetta on niin paljon, että hiomajyvät pysyvät kiinni suuressakin hiomapaineessa.

Laikka on taas pehmeä, jos hiomajyvät irtoavat pienessäkin hiomapaineessa.

Kovuus merkitään kirjaimin A-Z:

- pehmeä A-H
- keskikova I-P
- kova Q-Z.

Laikan sopiva kovuus riippuu työn laadusta. Kovuus on sopiva silloin, kun käytetty hiomajyvä irtoaa itsestään tylsyttyään. Hiomalaikka pysyy näin jatkuvasti terävänä, kulumatta kuitenkaan liian nopeasti. Pehmeä laikka valitaan koville aineille, kun taas kova laikka pehmeille aineille. Mitä pehmeämpi hiottava aine on, sitä kovempi hiomalaikan tulee olla. Jos hiomalaikka on liian kova, tylsät hiomajyvät eivät irtoa laikasta. Laikka tukkeutuu ja alkaa kuumentaa hiottavaa pintaa. (Maaranen 2012, 97–98.) Kuvassa 6 nähdään, miten sideaine vaikuttaa laikan kovuuteen.



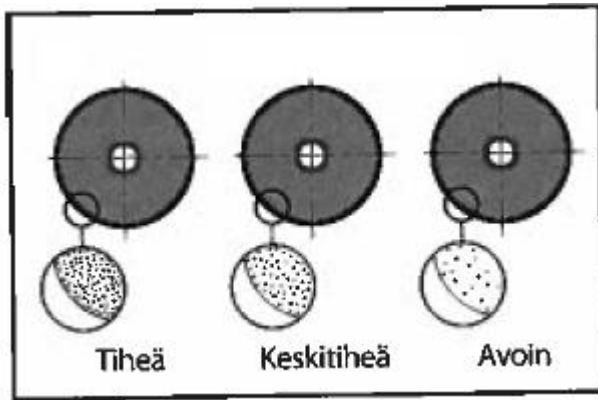
KUVA 6. Laikan kovuus (Maaranen 2012, 96)

3.3.3 Rakenne

Rakenteella tarkoitetaan huokoisuutta eli hiomajyvästen, sideaineen ja välitilojen keskinäistä jakautumista laikassa. Hiomalaikan rakenne on avoin, kun välitilat ovat suuria. Rakenne on tiheä, kun välitilat ovat pieniä. Välitilat toimivat lastutiloina hiottaessa. Rakenne ilmaistaan numerolla 0 - 12:

- tiheä 0 - 3
- keskitiheä 4 - 6
- avoin 7 - 12.

Tiheä laikan rakenne valitaan, kun hiottava aine on kovaa ja haurasta. Laikassa on useita hiomajyviä, jotka työstävät kappaletta samanaikaisesti. Avoin laikka valitaan, kun hiottava aine on pehmeää ja sitkeää sekä tarvitaan suurta hiomatehoa. Avoimessa laikassa on niin sanotusti vähän hiomajyviä, mikä estää laikan tukkeutumisen. Laikan rakenne vaikuttaa samalla tavalla hiontaan kuin karkeus. Hienorakenteinen avoin hiomalaikka toimii samoin kuin karkearakenteinen tiheä hiomalaikka. (Maaranen 2012, 98.) Kuvassa 7 nähdään laikan tiheys tarkemmin eli se, mitä tarkoitetaan esimerkiksi tiheällä tai avoimella laikalla.



KUVA 7. Laikan tiheys. (Maaranen 2012, 96)

3.4 Hioma-aineet

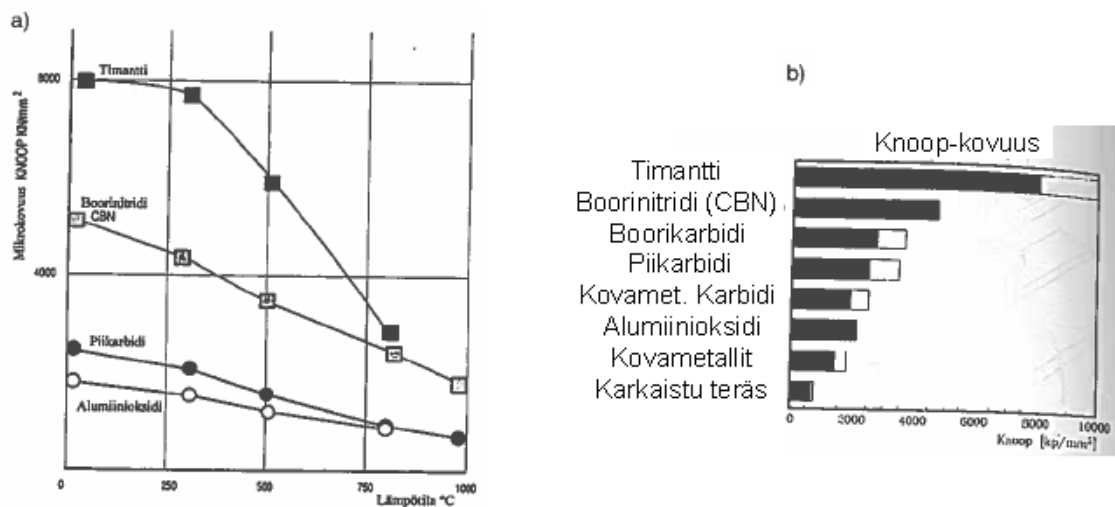
Hioma-aineiden täytyy täyttää monia vaatimuksia. Pääominaisuuksia ovat kovuus, lämmönkestävyys, sitkeys sekä pitkäkestoisuus. Hioma-aineita on neljä päätyyppiä: alumiinioksidi, piikarbidi, timantti sekä boorinitridi. (Roll grinding handbook. 2007, 12.) Kuvassa 8 nähdään tarkemmin hioma-aineet ja niiden käyttökohteet.



KUVA 8. Hioma-aineet ja niiden käyttökohteet (Telahiontakurssi. 2008)

Hioma-aineet ovat kaikki synteettisiä eli keinotekoisesti valmistettuja ja täyttävät vaatimukset vaihtelevissa määrin. Vaihtelevat ominaisuudet antavat kullekin joukolle oman erikoistoiminta-alueen. Hienosäätö yhdisteiden välillä on suotavaa, jotta saavutetaan parhaat mahdolliset ominaisuudet hiontaprosessissa. (Roll grinding handbook. 2007, 12.)

Kuvassa 9 nähdään aineiden kovuuksia Knoop-asteikolla. Knoop-asteikko kuvaa mikrokovuutta kN/mm^2 tai kp/mm^2 .



KUVA 9. a) Hioma-aineiden kovuuden lasku lämpötilan noustessa, TYROLIT'in mukaan, b) hioma-aineiden kovuus 20 °C:ssa (Ihalainen ym. 2009, 202)

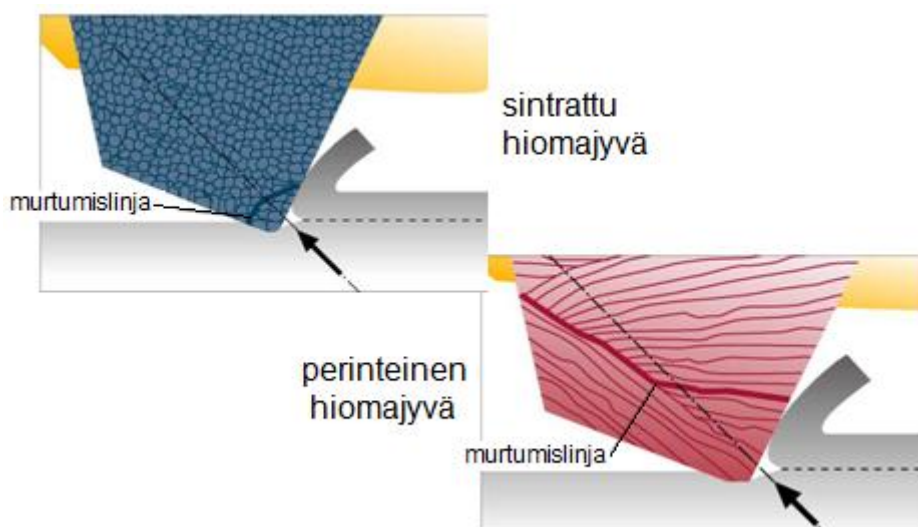
3.4.1 Alumiinioksidi (A) ja piikarbidi (C)

Alumiinioksidi, Al_2O_3 , on yleisin hioma-aine. Siitä on olemassa useita tyyppejä. Sitä voidaan seostaa muilla oksideilla. Se soveltuu parhaiten useimpien teräslaatuojen hiontaan. Laikka on usein väriltään musta, valkoinen tai punainen. Laikan väri ei aina kerro käytetyn hioma-aineen tyyppiä, koska eräät hiomalaikkojen valmistajat värjäävät hioma- ja sideaineita. (Ihalainen ym. 2009, 202; Maaranen 2012, 96.)

Piikarbidi, SiC , on toiseksi käytetyin hioma-aine. Se on kovempaa, mutta hauraampaa kuin alumiinioksidi ja soveltuu siten aineille, joiden vetolujuus on pieni ja jotka ovat lyhytlastuisia. Sillä hiotaan kovametalleja, valurautaa ja muita rau-

tametalleja sekä myös metallia sisältämättömiä aineita. Laikka on usein väriltään vihreä tai harmaa. (Ihalainen ym. 2009, 202; Maaranen 2012, 96.)

Edellä mainituilla hioma-aineista valmistetuilla laikoilla voidaan hioa myös alumiinia ja lasia. Hioma-aineita valmistetaan sähköuunissa monia eri laatuja epäpuhtausmäärän vaihdellessa. Epäpuhtausmäärä vaikuttaa oleellisesti alumiinioksidin sitkeyteen. Al_2O_3 -rakeita voidaan valmistaa myös sintraamalla, jolloin rakeen lohkeaminen saadaan kiilamaiseksi, raetta teroittavaksi, ja laikka rakeidenkin osalta osittain itseteroittuvaksi. Sintraamalla valmistettuja rakeita on laikassa 30...50 %. Sintraamalla valmistettua alumiinioksidia käytetään pääasiassa erikoishiomalaikoissa, koska valmistaminen on kallista ja vaikeaa. (Ihalainen ym. 2009, 202.) Kuvassa 10 nähdään normaalin ja sintratun alumiinioksidin eroavaisuudet. Kuvassa sininen jyvä on valmistettu sintraamalla ja punertava perinteisesti. Suurimpana eroavaisuutena on hiomajyvän murtumistapa.



KUVA 10. Alumiinioksidin eroavaisuudet (Telahiontakurssi. 2008)

3.4.2 Timantti (D)

Luonnontimanttien käyttö hioma-aineina ei ole enää yleistä, koska luonnontimantit eivät ole tasalaatuisia, joten tekotimantteja käytetään yhä enenevässä määrin. Jotta timantteja voidaan käyttää teräksen kanssa, timanttirakeet täytyy suojata nikkelillä tai kuparilla. Timantti reagoisi muuten raudan kanssa korkeis-

sa lämpötiloissa. Timanttilaikkoja käytetään pääasiassa kovametallien ja keraamisen aineiden hiontaan. (Ihalainen ym. 2009, 202.)

3.4.3 Kuutiohilainen boorinitridi (B)

Boorikarbidia, B_4C , käytetään hiomajauheena. Kuutiohilaista boorinitridiä, CBN, käytetään teräksen hionnassa. Sitä käytetään myös enenevässä määrin pikateräksen ja työkaluterästen hiontaan. CBN -laikkoja käytettäessä täytyy muistaa oikean hiontanesteen valinta, sillä boorilla on taipumus reagoida veden kanssa. (Ihalainen ym. 2009, 202.)

3.5 Sideaineet










Sideainetta osoittaa usein kirjain. Tavallisimmat kirjaimet ovat V, B, R tai M. Merkinän yhteydessä voidaan käyttää myös muitakin kirjaimia tai numeroita. Merkinällä ilmaistaan käytetyt sideainemuunnokset:

- V = keraaminen sideaine. Se on yleisin sideaine, joka soveltuu käytettäväksi myös tarkkuushionnassa.
- B = bakeliittisideaine. Suuri lujuus ja joustavuus ovat ominaispiirteitä. Soveltuu hyvin rouhintahiontaan.
- R = kumisideaine. Hyvä pinnanlaatu on ominaista.
- M = metallisideaine. Käytetään timantti- ja boorinitridilaikoissa.

Sideaineen merkki voi myös puuttua. (Maaranen 2012, 98–99; Ihalainen ym. 2009, 203.)

3.6 Hiomalaikkatyypit

Hiomalaikat jaotellaan muodon mukaan. Käyttötarkoitus ja käytettävä kone määrittelee käytettävän laikan muodon. (Maaranen 2012, 94.) Kuvassa 11 nähdään laikkatyypit ja esimerkkejä käyttökohteista.


Laikkatyyppi		Esimerkkejä käyttökohteista	
	Suora laikka	Penkkihiomakoneet Suorat käsihiomakoneet	Työkaluhiomakoneet Tasohiomakoneet
	Syvennetty suora laikka	Penkkihiomakoneet Työkaluhiomakoneet	
	Suora kuppilaikka	Penkkihiomakoneet Työkaluhiomakoneet	Tasohiomakoneet
	Kartiomainen kuppilaikka	Työkaluhiomakoneet Tasohiomakoneet	Kulmahiomakoneet
	Lautaslaikka	Työkaluhiomakoneet	
	Katkaisulaikka	Kulmahiomakoneet	
	Napalakka	Kulmahiomakoneet	
	Karalaikka	Karahiomakoneet	
	Nauha-hiomapää	Karahiomakoneet	

KUVA 11. Laikkatyyppit (Maaranen 2012, 95)


3.7 Hiomalaikan valmistusvaiheet

Hiomalaikan valmistuksessa on useita eri vaiheita ennen kuin se voidaan lähettää asiakkaalle. Seuraavat työvaiheet tapahtuvat Norton-kivivalmistajan tehtaalla Corsicossa, Milanon maakunnassa Italiassa.

Valmistusmääräys on ensimmäisenä vaiheena, jossa suoritetaan laaduntarkastelu aineille. Varastohallin lämpötilaa ja kosteutta valvotaan jatkuvasti, että aineet pysyvät optisessa säilytys olosuhteessa. (AMI Quality Assurance. 2010.) Kuvassa 12 nähdään työmääräys, laikan ominaisuudet sekä hionta-aineet.

Foglio Fabbrica./ 101344603 Articolo: 66253045847		Maglia setaccio /	Peso totale miscela/UM 68,1959 /KG	no. di pesate 1	Peso della singola pesata/UM 68,2000 /KG
Mescolatrice MIXMAT2		Specifica 38AA46J0B492 / PRESSA : PRS3000T		Approvazione per cambio	
Mescolatrice	Data	Unità misc	Cartellino peso 		
			Commenti AGGLOMERANTE : T361 PESO (kg) : 8.4400 FORMA : 01 / DIMENSIONI (mm) : 610.00 X 145.00 X 304.80 F.U. : 09 / PESO UNITARIO (kg) : 66.31 QUANTITA' : 1 PESO MAGGIORAZIONE MIX : 3.0000		

Data di stampa: Lug 18, 2006

Codice	Grana	Peso componente/UM	Peso cumulato/UM	Abrasivo
2160-SBA	46	57,9320 /KG	57,9320 /KG	

KUVA 12. Valmistusmääräyksen etupuoli (AMI Quality Assurance. 2010)

Kuvassa 13 näkyy sideaineiden ja täyteaineiden tiedot. Aineiden tarkat määrät on poistettu kuvasta. Aineille on ilmoitettu myös niitä vastaava viivakoodi.

PO: 101001900		UPC: 69936625756	
Additivi	Peso/UM	Fattore FC	Codice additivo
5767G		0,0000	
#B27		0,0000	
I70		0,0000	
#B27		0,0000	
I70		0,0000	

KUVA 13. Valmistusmääräyksen takapuoli (AMI Quality Assurance. 2010)

Laaduntarkastus toimii pitkälti valmistusmääräyksen tietojen perusteella. Viivakoodin perusteella saadaan oikean aineen tiedot, sijainti sekä tarvittava määrä selville. (AMI Quality Assurance. 2010.)

Seuraavana vaiheena laikan valmistuksessa on muotin teko. Aineet sekoitetaan keskenään ja kaadetaan muottiin. Tässä vaiheessa varmistetaan vielä, että materiaalien yhteispaino on oikea ja muotti täyttää vaatimukset tilatun koon mukaan. (AMI Quality Assurance. 2010.)

Kolmantena vaiheena on paistaminen. Paistamisen aikana lämpötilan muutoksista ja paistumisprosessista piirtyy automaattisesti kuvaajat. Laaduntarkaste-

lussa varmistetaan, ettei lämpötila poikkea optisesta arvostaan, koska se saattaisi vaikuttaa tuotteeseen. (AMI Quality Assurance. 2010.) Kuvassa 14 nähdään kuvaajia.



KUVA 14. Paistoprosessin kuvaajat (AMI Quality Assurance. 2010)

Analyysi laikalle suoritetaan seuraavaksi. Tarkistetaan mitat, ominaispaino, kovuus SBP -järjestelmää käyttäen sekä mitataan kimmo-kerroin. Testien tulosten tulee sijoittua toleranssien sisään ja kaikki saadut tiedot kirjataan ylös sähköiseen tietokantaa sekä paperille arkistoihin. (AMI Quality Assurance. 2010.)

Viides vaihe on viimeistely. Laikan halkaisija, leveys ja keskireikä viimeistellään ISO 13942 -toleranssin mukaisesti. Myös asiakkaan toiveen mukaan voidaan sopia käytettäväksi muuta toleranssi-asteikkoa. (AMI Quality Assurance. 2010.)

Laikka testataan seuraavaksi eli koepyöritetään. Testauksen tarkoituksena on saada selville, onko laikka tasapainossa, kestääkö se pyörimisnopeudessa ja ilmeneekö ongelmia. (AMI Quality Assurance. 2010.)

Merkkaus on seuraavana vaiheena. Laikkaan merkitään tilausnumero, parasta ennen päiväys, mitat, numero, käyttönopeus, laikan määrittely ja valmistaja. (AMI Quality Assurance. 2010.) Kuvassa 15 nähdään laikan merkintöjä.



KUVA 15. Laikan merkinnät (AMI Quality Assurance. 2010)

Viimeisenä vaiheena on pakkaus. Laikat pakataan huolella, etteivät ne pääse heilumaan tai osumaan mihinkään. (AMI Quality Assurance. 2010.) Kuvassa 16 nähdään, miten laikat on pakattu toimitusta varten. Etualalla laikat on pakattu pystyyn ja takana näkyy vaakatasoon pakattuja laikkoja.



KUVA 16. Laikkojen pakkaus (AMI Quality Assurance. 2010)

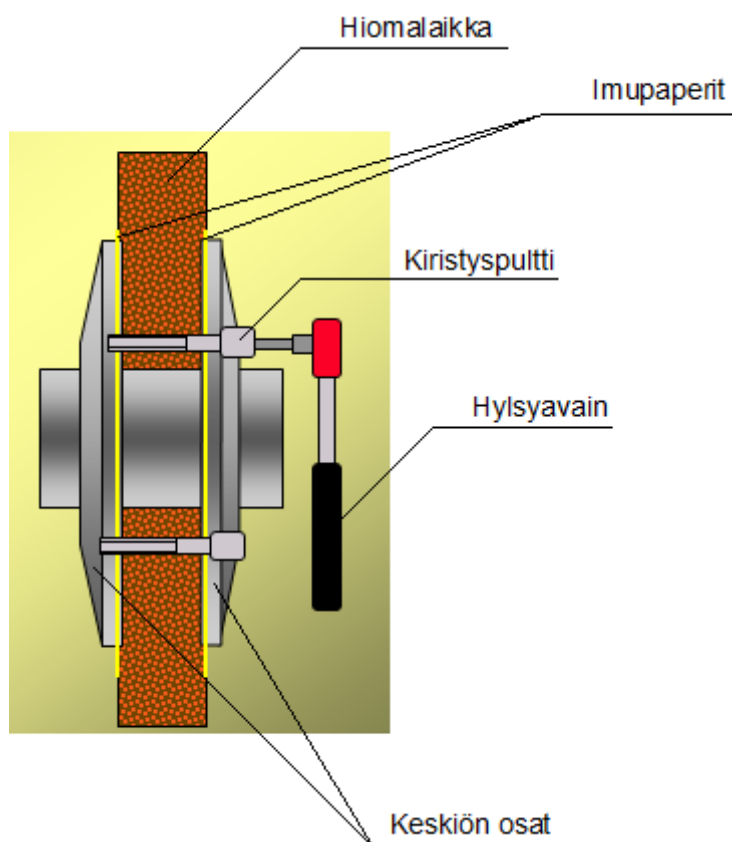
3.8 Hiomalaikan käyttöönotto kuumavalssaamolla

Laikkojen saavuttua Outokummun kuumavalssaamolle ne viedään väliaikaisvarastoon, jossa niitä ei säilytetä kuitenkaan kovin kauan aikaa. Hiomalaikka kuluu Pomini 4 -valssihiomakoneessa keskimäärin 4 - 5 päivän aikana minimimitaan-

sa ja on suurin hiomalaikkojen kuluttaja kuumavalssaamolla. (Päivähiomo. 2012.)

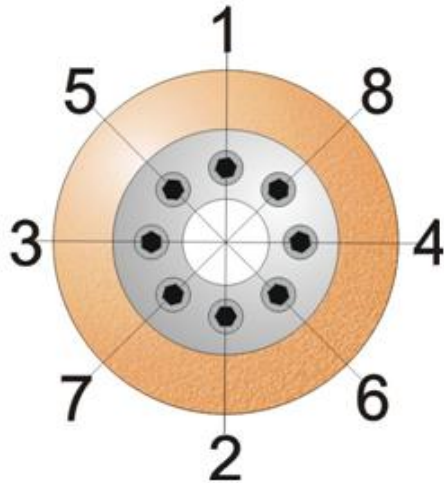
Lyhyen varastointiajan jälkeen hiomakivilava viedään laikkojen keskiöintipaikalle. Laikoille hankitaan numerot valssien seurantajärjestelmästä (VASE). Numerot kirjoitetaan laikkojen kylkeen paksulla tussilla esim. TYÖ 976 tai TUKI 977. Selite numeron edessä tarkoittaa, kumman valssityypin hiontaan mikin laikka on tarkoitettu. Numeroinnissa käytetään etenevää numerointia. (Päivähiomo. 2012.)

Hiomalaikka keskiöidään seuraavaksi. Kiven molemmiin puolin sijoitetaan keskiön osat ja niiden väliin imupaperit. (Päivähiomo. 2012.) Imupaperin tarkoituksena on jakaa kiristyspulttien paine sekä luoda kitkaa laikan ja keskiön välille. Imupaperit tulee vaihtaa jokaisen kiven kohdalla, koska se saattaa aiheuttaa muuten laikan rikkoutumisen. (RollEdu08N. 2008.) Kuvassa 17 nähdään keskiön osat, imupaperit ja hiomalaikka.



KUVA 17. Keskiö, imupaperit ja hiomalaikka (RollEdu08N. 2008)

Keskiöt kiristetään pultein. Pulttien kiristyksessä tulee huomioida oikea kiristysjärjestys. (Päivähiomo. 2012.) Kuvassa 18 nähdään tarkemmin oikeaoppinen kiristysjärjestys.



KUVA 18. Keskiön oikeaoppinen kiristysjärjestys (RollEdu08N. 2008)

Seuraavaksi laikka kiinnitetään hiomakoneeseen ja timantoidaan. Timantoinnilla tarkoitetaan laikan hiontapinnan oikaisua ja teroittamista. Laikka ajetaan timantin kohdalle vaakasuunnassa ja hiljalleen tätä kohti. Laikan osuessa timanttityökaluun kelkkaa liikutetaan edestakaisin. Hiontapistoja suoritetaan niin kauan, että laikan ja timantin osuessa syntyvä ääni on yhtäjaksoinen, jolloin tiedetään että laikka on nyt suora. (Hiomo. 2012.) Timantointi voidaan suorittaa kuvan 19 mukaisilla työkaluilla.



Yksikärkitemantti



Sintrattu monijyvätimantti



Galvaanisesti pinnoitettu
monijyvätimantti



Levytimantti

KUVA 19. Timantointi työkalut (Telahiontakurssi. 2008)

Monissa koneissa suoritetaan vielä testilevyn hionta, joka sijaitsee timanttityökalun vieressä. Timantoinnin ajatuksena on myös, että kone tietää nyt laikan alkuhalkaisijan. Tämän jälkeen laikka pyritään ajamaan minimimittaansa. Keskiö irrotetaan ja jäljelle jäänyt laikka hävitetään oikeaoppisesti. (Hiomo. 2012.)

3.9 Hiontavirheet

Hionnassa tapahtuu paljon erilaisia virheitä, jotka voidaan poistaa, jos aiheuttajat tiedetään. Virheet ovat samoja lähes kaikissa hiontamenetelmissä, mutta ne ilmenevät erisuuruisina. (Maaranen 2012, 125.) Kuvassa 20 luetellaan yleisimmät hiontavirheet ja niiden korjausehdotukset. Suuret pallot osoittavat niitä toimia, joita kannattaa ensisijaisesti yrittää ongelman ratkaisuun.

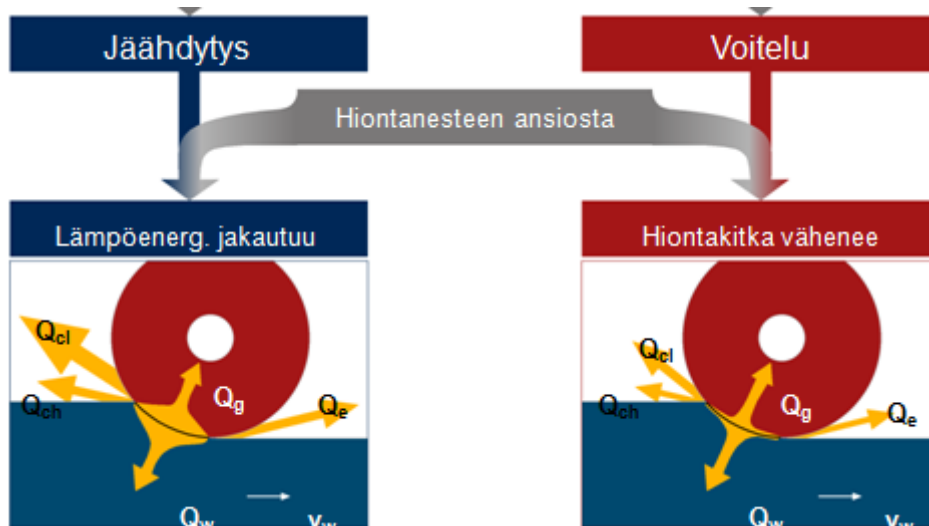
HIONTAVIRHE TAI -ONGELMA						TOIMENPIDE- EHDOTUS
Karkea pinta työ- kappaleessa	Värähtely- jälkiä työ- kappaleessa	Roiskeita työ- kappaleessa	Kuumen- tumis- jälkiä työ- kappaleessa	Halkeamia työ- kappaleessa	Laikan kestoikä liian lyhyt	
•	●					Tarkista hiomalaikan tasapainotus
	●		●	•		Tarkista, että timantti on terävä
•	●					Tarkista, että timantti on tukevasti asennettu
	•		●	•		Teroita suuremmalla sivusyötöllä
●						Teroita pienemmällä sivusyötöllä
			●	•		Lisää leikkuunesteen määrää
			●	•		Tarkista, että leikkuuneste huuhtelee leikkuualueita
•		●				Tarkista leikkuunesteen puhkaus
		●				Puhdista suojus
				●		Tarkista työstettävän aineen lämpökäsittely
			●	•		Lisää työkalun nopeutta
●		•			•	Vähennä työkalun nopeutta
			•			Lisää sivusyöttöä
●		•			•	Vähennä sivusyöttöä
			•			Lisää hiomalaikan syöttönopeutta
●	•	•			•	Vähennä hiomalaikan syöttönopeutta

KUVA 20. Yleiset hiontavirheet ja ehdotukset niiden poistamiseksi (Maaranen 2012, 126)

3.10 Lastuamismenetelmät

Lastuamismenetelmillä on kolme päätehtävää: jäähdytys, voitelu ja huuhtelu. Menetelmien tehtävä on jäähdyttää työstettävää kappaletta ja työkalua. Se poistaa lämpöä työstettävältä alueelta ja vähentää lämmön aiheutumista koko hiontaprosessissa. Voitelu vähentää kitkan syntymistä kappaleen ja työkalun välillä, alen-

taa syntyviä voimia sekä parantaa pinnanlaatua. Huuhtelu kuljettaa irrotetun materiaalin pois, pitää kiven ja työkalun puhtaina sekä pyrkii vähentämään ki-
ven kulumista. (RollEdu08N. 2008.) Kuvassa 21 nähdään lastuamisnesteen
tehtävät paremmin jäähdytyksen ja voitelun osalta.



KUVA 21. Lastuamisnesteen jäähdytys- ja voitelukyky; lastuamisnesteen käytöl-
lä lämpöenergia jakautuu tasaisemmin ja hiontakitka vähenee (Telahionta-
kurssi. 2008)

4 VALSSIT

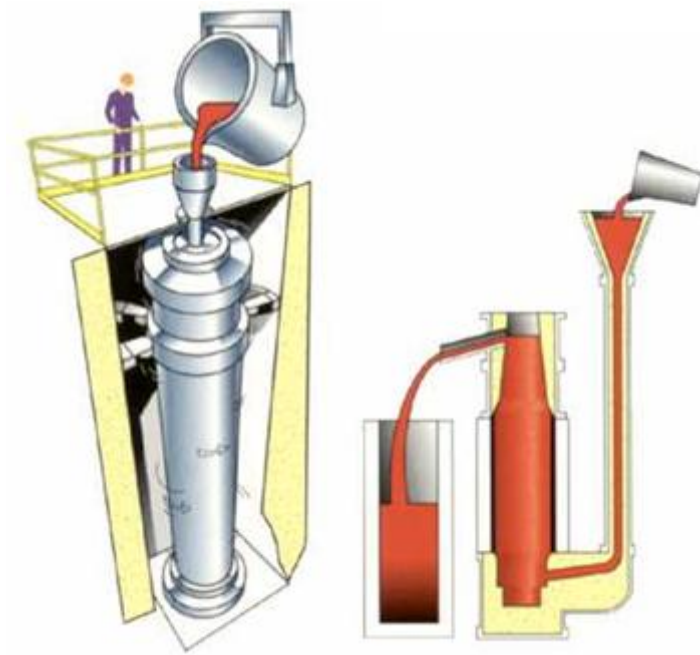
Valsseja on monen kokoisia ja muotoisia, jotta ne sopivat käyttötarkoitukseensa. Valssit jaotellaan kuumavalssaamolla: työ-, väli-, pysty- ja tukivalssihin. Valsseja valmistetaan monista eri metalleista. (Hiomo. 2012.) Kuvassa 22 nähdään työvalssi vasemmalla ja tukivalssi oikealla. Kuvat ovat suuntaa antavia valssityyppien tunnistamiseen.



KUVA 22. Työ- ja tukivalssi tyypit (Åkers. 2012)

Valssien koot voivat vaihdella erittäin paljon. Valssien halkaisijat ovat 50...2 500 mm ja pituus voi olla jopa 8 m. (Technical presentation. 2012.)

Valssit valmistetaan tyypillisesti valamalla ne muottiin. Valamisessa käytetään kahta tapaa: keskipakovalu tai muottia, josta ylimääräinen aine pääsee pois muotin täytyttyä. (RollEdu08N. 2008.) Kuvassa 23 vasemmalla nähdään keskipakovalumenetelmä.

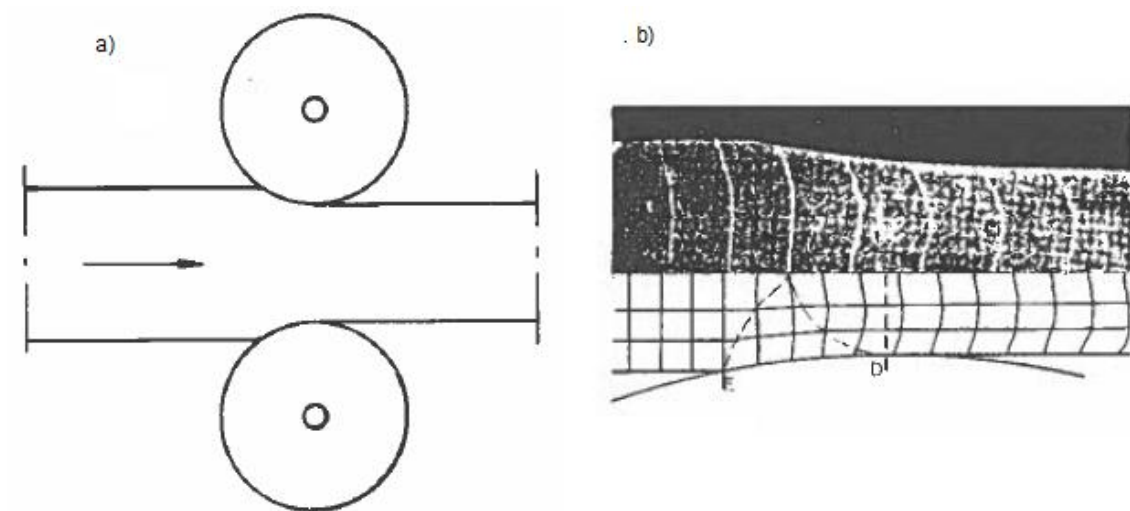


KUVA 23. Valssien valumenetelmät (RollEdu08N. 2008)

4.1 Valssien käyttötarkoitukset

Käyttötarkoituksia valsseilla on kaksi: kylmä- ja kuumavalssaus. Molemmissa valssausmenetelmissä käytetään lukuisia erilaisia valsseja. (Hiomo. 2012.)

Valssauksessa aineen muovautuminen tapahtuu kahden pyörivän työvalssin välissä. Aihio kulkee työvalssien välisestä raosta ja pienenee valssiraon mukaisesti. Aihiossa tapahtuu muodonmuutos valssauksessa. (Ihalainen ym. 2009, 336.) Kuvassa 24 nähdään valssauksen periaate ja muodonmuutos valssauksen aikana.

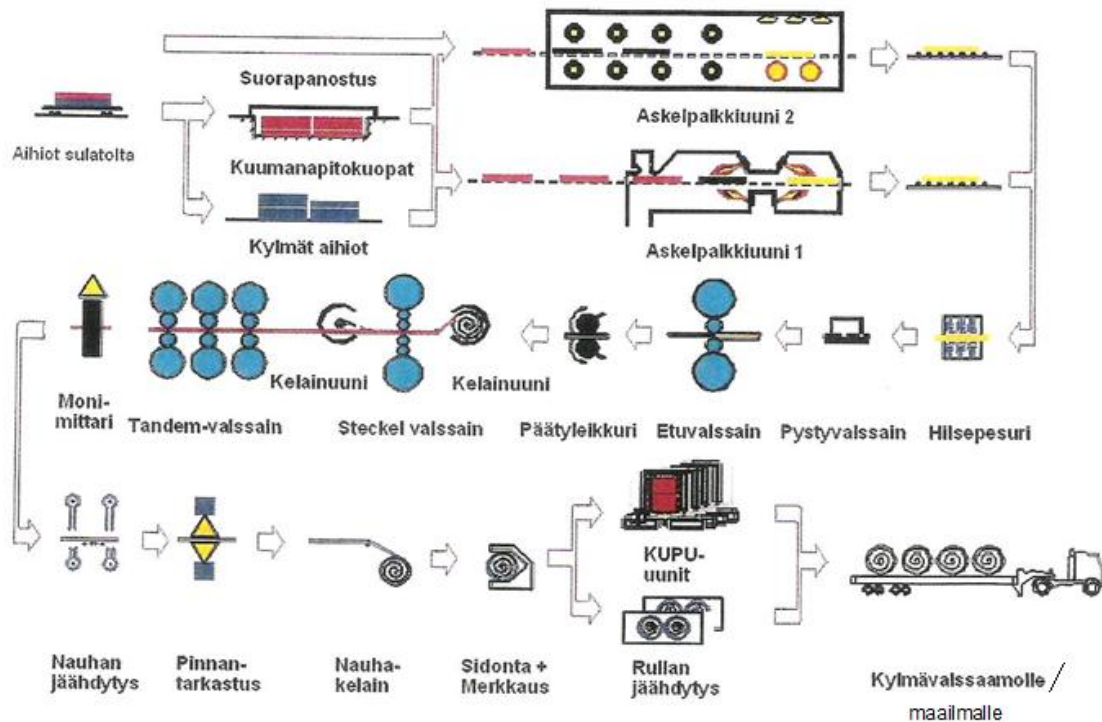


KUVA 24. a) Valssauksen periaate, b) muodonmuutos valssauksessa (Ihalainen ym. 2009, 336)

Voidaan sanoa, että kylmävalssaus on jatkokäsittelyä kuumavalssatulle tuotteelle. Kuumavalssauksessa valssataan aihioita ja kylmävalssauksessa kuumanauhaa, joka on kuumavalssauksen lopputuote. (Hiomo. 2012.)

4.2 Kuumavalssaus

Kuumavalssaus on valssausta, joka tapahtuu aineen rekristallisaatiolämpötilan yläpuolella. Rekristallisaatiolämpötilan alaraja on 0,6-kertainen materiaalin sulamispisteeseen nähden. Ylärajaan puolestaan vaikuttaa useampi tekijä, kuten liiallinen hapettuminen, rakeen kasvu tai ei-toivottu faasimuutos. (Ihalainen ym. 2009, 338–339.) Kuvassa 25 nähdään nykyinen kuumavalssaus prosessi Tornion Outokummun kuumavalssaamolla.



KUVA 25. Kuumavalssausprosessi (Outokumpu. 2009)

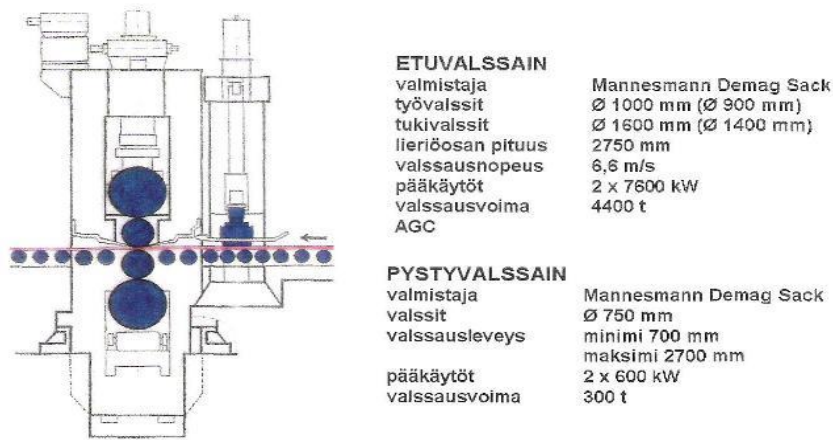
Kuvasta nähdään, että panostustapoja on kolme: suora-, kuuma- ja kylmäpanostus. Askelpalkkiuuneja on kaksi ja niitä kutsutaan nimillä APU1 ja APU2. Aihiot kuumennetaan niissä jopa 1270 °C lämpötilaan riippuen aihion materiaalista. Polttoaineina askelpalkkiuuneissa on häkä ja nestekaasu. Häkää pyritään käyttämään niin paljon kuin sitä on tarjolla. (Outokumpu. 2009.)

Aihion mitat ovat seuraavat:

- paksuus 167 - 185 mm
- pituus 4 - 14 m
- leveys 1 028 - 1 625 mm
- maksimipaino 30 t.

Aihio kulkee uunista pystyvalssaimen kautta etuvalssaukseen. Etuvalssain on nelivalssain, jossa on kaksi työ- sekä tukivalssia. Etuvalssaimessa aihio muokautuu kaikista eniten ja saavuttaa nauhan muodon. Aihiota ajetaan edestakaisin valssien välissä pariton määrä valssauspistoja. Rullaradan ja valssien pyörimissuunta vaihtuu pistojen välillä. Valssausnopeus esivalssaimessa on mak-

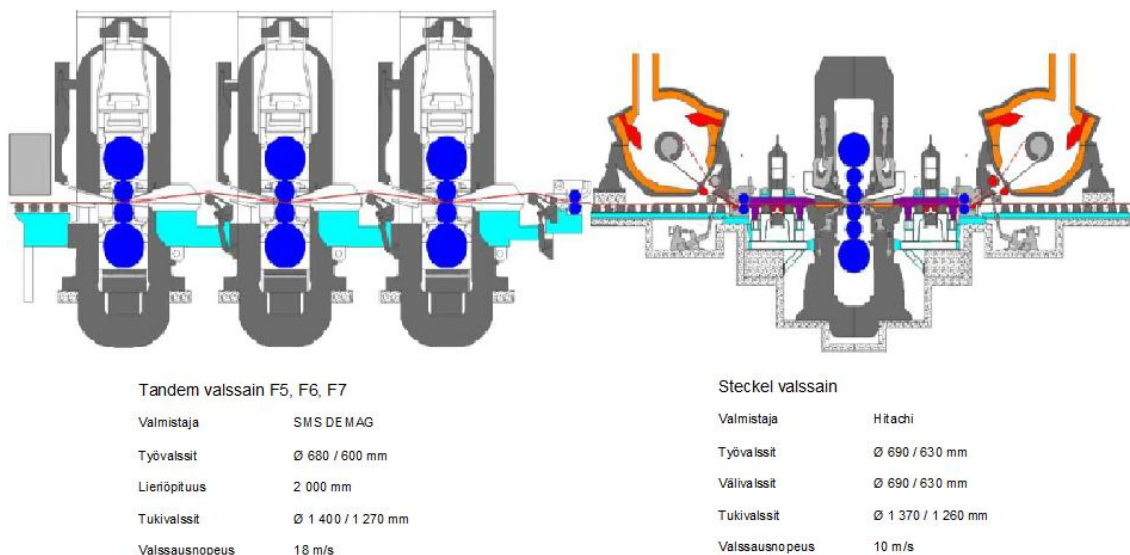
simissaan 6,6 m/s. (Outokumpu. 2009.) Kuvassa 26 nähdään etuvalssaimen rakenne.



KUVA 26. Etuvalssain (Outokumpu. 2009)

Nauha kulkee rullarataa pitkin nauhavalssaimeseen, jota kutsutaan myös Steckel-valssaimeksi. Nauhan alku- ja loppupää katkaistaan tasaiseksi. Nauhan pää ohjataan pöytäohjaimilla rummuissa oleviin suuaukkoihin. Nauhavalssaimessa on yksi kuuden valssin valssituoli ja molemmilla puolilla kelausunit. Vals-saimessa on kaksi työ-, väli- ja tukivalssia. Nauhavalssaimella ajetaan myös pariton määrä valssauspistoja. Valssauspistojen määrä riippuu halutusta loppu-paksuudesta. (Outokumpu 2009.)

Tandem-valssituolit ovat Steckel-valssaimen jälkeen. Tandem-valssituolit ovat nelivalssaimia, joissa on kaksi työ- ja tukivalssia. Näitä on kolme peräkkäin. Nauha ajetaan kerran näistä läpi, jonka jälkeen nauhaa jäähdytetään ennen kelausta. (Outokumpu. 2009.) Kuvassa 27 nähdään Steckel-valssain ja Tandem-valssituolit.



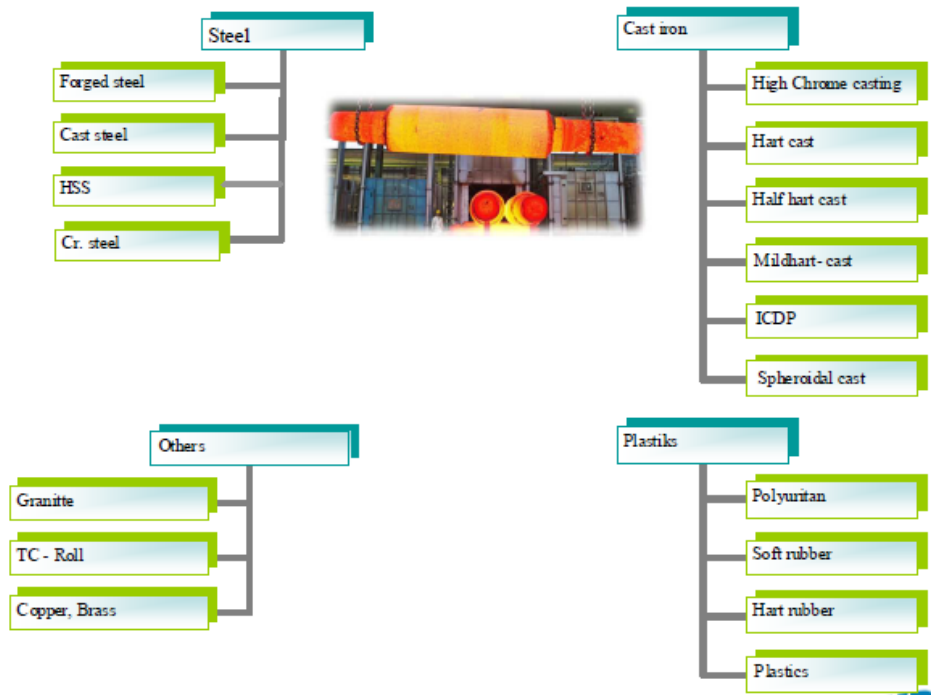
KUVA 27. Steckel-valssain ja Tandem-valssituolit (Outokumpu. 2009)

Rullat jäähdytetään vesialtaissa tai kuivapaikoilla. Osa ferriittisistä teräslajeista voidaan jatkokäsitellä kupu-uuneissa. Tämän jälkeen ne lähetetään kylmävalssaukselle jatkokäsittelyyn tai satamaan lähetettäväksi asiakkaalle. (Outokumpu. 2009.)

4.3 Valssien materiaalit

Valssin materiaali riippuu pitkälti käyttökohteesta. Yleisesti työvalssin tulee olla kovempaa materiaali kuin esimerkiksi tukivalssin. Tämä johtuu siitä, että tukivalssin pintavirheet eivät siirry työvalssiin ja tätä kautta valssattavaan tuotteeseen. Valssattava tuote asettaa myös tavoitteet valssin materiaalille ja ei tule unohtaa kustannustehokkuutta. (Hiomo. 2012.)

Valssien materiaalit voidaan jakaa neljään pääluokkaan: teräs, valurauta, muovit ja muut. Metallin valssauksessa käytetään pääasiassa teräksestä ja valuraudasta valmistettuja valsseja, joiden ominaisuuksissa on eroja. (Technical presentation. 2012.) Kuvassa 28 nähdään valssien jaottelu materiaalien mukaan.



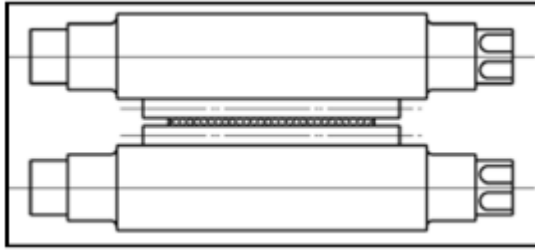
KUVA 28. Valssien jaottelu materiaaleihin (Technical presentation 2012)

Työvalssit ovat usein hienokarbiditerästä ICDP, pikaterästä HSS tai kromiterästä, jossa kromipitoisuus on noin 5 %. Tukivalssit ovat valu- tai taottua terästä, joissa kromipitoisuus on noin 3 %. (RollEdu08N. 2008.)

4.4 Valssien muoto

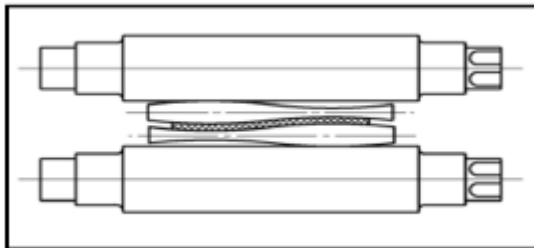
Valssit ovat sylinterimäisiä profiililtaan, joissa saattaa olla hieman eroavaisuuksia. Suurimmassa osassa valsseja profiili on suora. Osassa päissä on hieman kevennystä, joka parantaa valssin kestävyyttä valssauksen aikana. (Hiomo. 2012.)

Kuumavalssaamalla käytettävien etuvalssaimen työ- ja tukivalssit, Steckel-valssaimen työ-, väli- ja tukivalssit sekä Tandem-valssaimen tukivalssit ovat muodoltaan suoria. (Hiomo. 2012.) Kuvassa 29 nähdään valssin muoto. Kuvassa isompana isommat valssit ovat tukivalsseja, kun taas pienet ovat työvalsseja. Valssien välissä on valssattava materiaali.



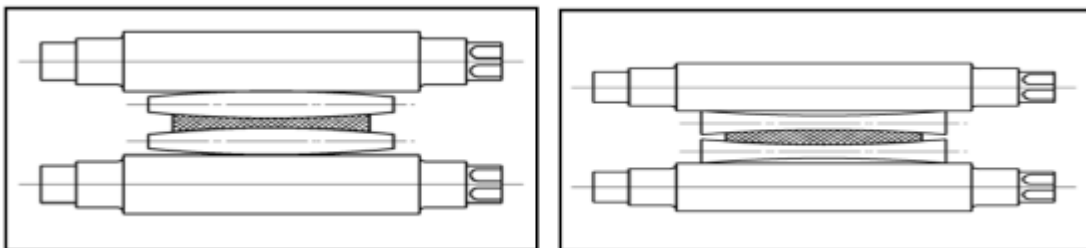
KUVA 29. Sylinterimäinen valssin muoto (Technical presentation. 2012)

Tandem-valssaimen työvalssit ovat CVC-muotoisia. CVC on lyhenne sanoista continuous variable crown. Valssin profiilia voisi kuvailla keilan muodolla, vaikka päiden välinen halkaisijaero on lähes olematon eli noin 0,6 mm. (Hiomo. 2012.) Kuvassa 30 nähdään CVC-muoto.



KUVA 30. CVC-muoto (Technical presentation. 2012)

Valssit voivat olla myös muodoltaan kuperia tai koveria. Näiden muotoisia valsseja käytetään kuitenkin harvemmin. (Hiomo. 2012.) Kuvassa 31 nähdään kuperan ja koveran muotoiset valssit. Kuvassa vasemmalla ovat kuperan muotoiset työvalssit ja oikealla koveran muotoiset.



KUVA 31. Kuperat ja koverat työvalssit (Technical presentation. 2012)

4.5 Kuumavalssaamon valssihiomakoneet

Valssit hiotaan kuumavalssaamon valssihiomossa, jossa käytössä on neljä valssihiomakonetta. Kaksi niistä toimii automaattinosturin alueella, joten valssien siirtäminen koneeseen ja koneesta pois tapahtuu Anselmiksi nimetyn automaattinosturin avulla. Koneet Pomini 3 ja Pomini 4 ovat automaattivalssihiomakoneita, jotka keskustelevat Anselmi-nosturin kanssa. Lisäksi valssihiomossa on kaksi Herkules-merkkistä valssihiomakonetta, joissa käyttäjän täytyy 120 tonnin nosturilla viedä valssi hiomakoneeseen, laittaa valssi hiontaan ja hionnan päätyttyä nostaa se pois. (Hiomo. 2012.)

4.5.1 Pomini 3 ja 4

Pomini-valssihiomakoneet on valmistettu Italiassa Tenova Groupin tehtaalla. Koneiden tyyppimerkinnot ovat HD 403/425 ja HD 400/425, mutta niitä kutsutaan lyhemmin vain Pomini 3 ja Pomini 4. Koneiden tekniset ominaisuudet ovat lähes samat, mutta Pomini 3 soveltuu paremmin isompien valssien hiontaan keskiöiden etäisyyksien johdosta. (Hiomo. 2012.)

Pomini 3 -valssihiomakoneella hiotaan pääasiassa Steckel-valssituolin työ-, väli- ja tukivalssseja sekä Tandem-valssituolin työ- ja tukivalssseja. Pomini 3 -koneella valssin tukikelkkojen siirto tapahtuu automaattisesti hiottaessa Steckelin väli- tai työvalssseja sekä Tandemin työvalssseja. Nämä valssit pystytään hiomaan laakeripesien kanssa. Tukivalssseja hiottaessa niin sanotut hiontajakkarat tulee käyttäjän käydä vaihtamassa valssityypistä riippuen. Tandemin ylä- ja alatukivalssit voidaan hioa laakeripesien kanssa, mutta Steckelin tukivalssit hiotaan ilman pesiä. (Hiomo. 2012.) Kuvassa 32 on nauhan alatyövalssi hionnassa.



KUVA 32. Pomini 3 -valssihiomakone; koneessa on Steckelin alatyövalssi

Pomini 4 -valssihiomakonetta käytetään pelkästään Tandem-valssituolien työvalssien hiontaan. Työvalssit hiotaan laakeripesien kanssa. Koneessa on pesän kannattimet sekä pesän kääntäjät. Kone toimii lähes koko ajan, koska Tandemin työvalsseja vaihdetaan linjalle aina valssin vaihdossa kolme paria ja valssivarasto on rajallinen. Lisäksi usein suoritetaan ylimääräisiä valssin vaihtoja erinäisistä tarpeista johtuen esimerkiksi kuumanauhan pinnanlaadun hälytys. (Hiomo 2012.) Kuvassa 33 on Pomini 4 -valssihiomakone ja kuvassa 34 valssivarasto. Voidaan huomata, että Pomini 4 -koneella on juuri saatu hionta valmis-
tuneeksi ja nosturi odottaa seuraavaa liikettään, koska valssivarastossa on hiomattomia valsseja.



KUVA 33. Pomini 4 -valssihiomakone



KUVA 34. FX-työvalssien valssivarasto

4.5.2 Herkules WS450 ja WS850

Herkules-hiomakoneet ovat valmistettu Saksassa. Herkulekset ovat vanhempia kuin Pominin hiontakoneet. Tämä johtuu siitä, että Tandem-linja otettiin paljon myöhemmin käyttöön ja sitä ennen kaikki valssit hiottiin kyseisillä Herkules-merkkisillä koneilla. (Hiomo. 2012.)

Herkules WS 450 käytetään Steckelin työ- ja välivalssien hiontaan silloin, kun Pomini 3 -koneella on tukivalssien hionta meneillään. Valssit voidaan nykyään

hioa laakeripesin kanssa, mutta käyttäjän tulee kääntää laakeripesät pystyyn nosturia ja nostoliinoja apuna käyttäen. Hiottavasta valssista mitataan kaarimikrometriä apuna käyttäen valssin päät, jonka jälkeen ne syötetään valssihiomakoneelle. Valssin valmistuttua valssi mitataan uudelleen ja valssin halkaisija syötetään valssien seurantajärjestelmään eli VASEen. (Hiomo. 2012.) Kuvassa 35 nähdään tyhjiällä oleva Herkules WS 450 -valssihiomakone.



KUVA 35. Herkules WS 450 -valssihiomakone

Herkules WS 850 käytetään etuvalssaimen työ- ja tukivalssien hiontaan. Työvalssit voidaan hioa laakeripesien kanssa, mutta tukivalssit hiotaan ilman pesiä. Valssityypistä riippuen käytetään eri valssitukia valssin kannattelemiseen. Työvalssien hionnassa täytyy muistaa laittaa tukiin tietynkokoiset hiontapalat, koska ylä- ja alatyövalssien pesien leveydessä on eroa. (Hiomo. 2012.) Kuvassa 36 nähdään etuvalssaimen alatyövalssi hiontakoneessa valmistuneena.



KUVA 36. Herkules WS850-valssihiomakone; kuvassa on valmistunut etuvalssaimen alatyövalssi

4.6 Tarkastuslaitteistot

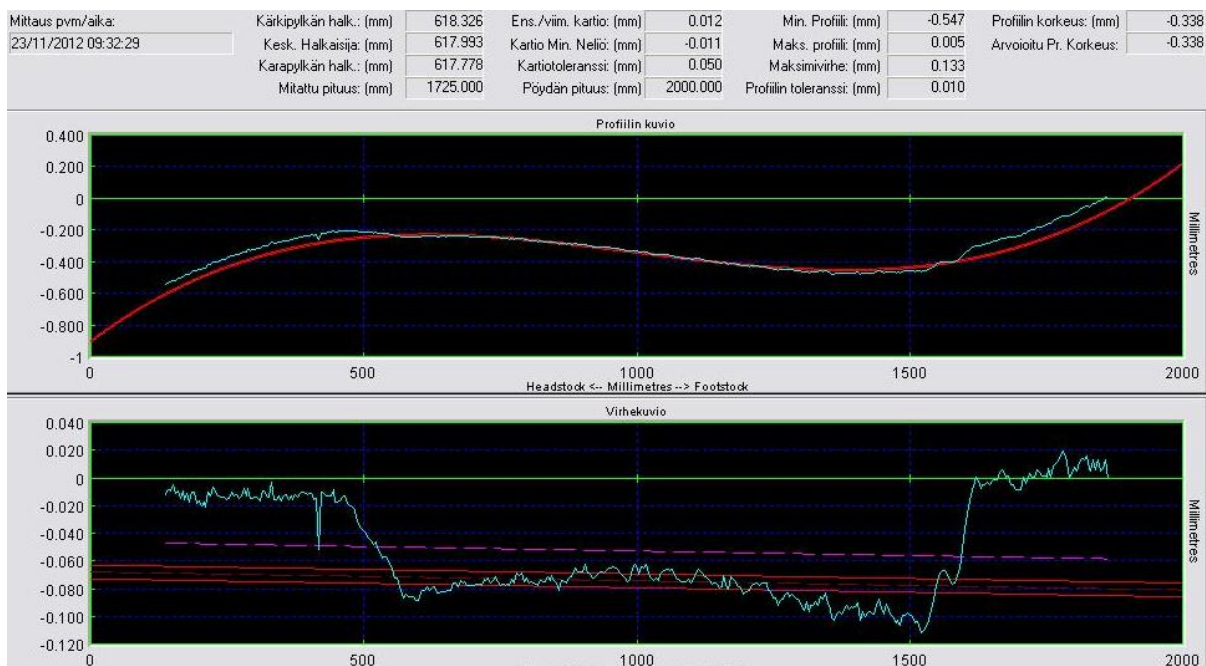
Koneissa on useita tarkastuslaitteistoja, jotka täytyy tietyin väliajoin kalibroida. Kalibrointeihin on olemassa omat kappaleet, jotta ne saadaan luotettaviksi. Tarkastuslaitteistoja ovat halkaisijamittaus, särömittaus, ultraäänimittaus ja linjoitus.

4.6.1 Halkaisijamittaus

Halkaisijamittauksella voidaan tarkoittaa myös valssin profiilin määrittämistä, tämä riippuu mittauskerroista sekä kohdista. Herkules WS 850 -kone mittaa valssin halkaisijan kolmesta kohtaa: oikeapää, keskusta ja vasenpää. Jokaisesta kohdasta kone mittaa halkaisijan viiden kierroksen ajan, mittaukset eivät saa erota toisistaan kuin tuhannesosien verran tai mittaus epäonnistuu. (Hiomo. 2012.)

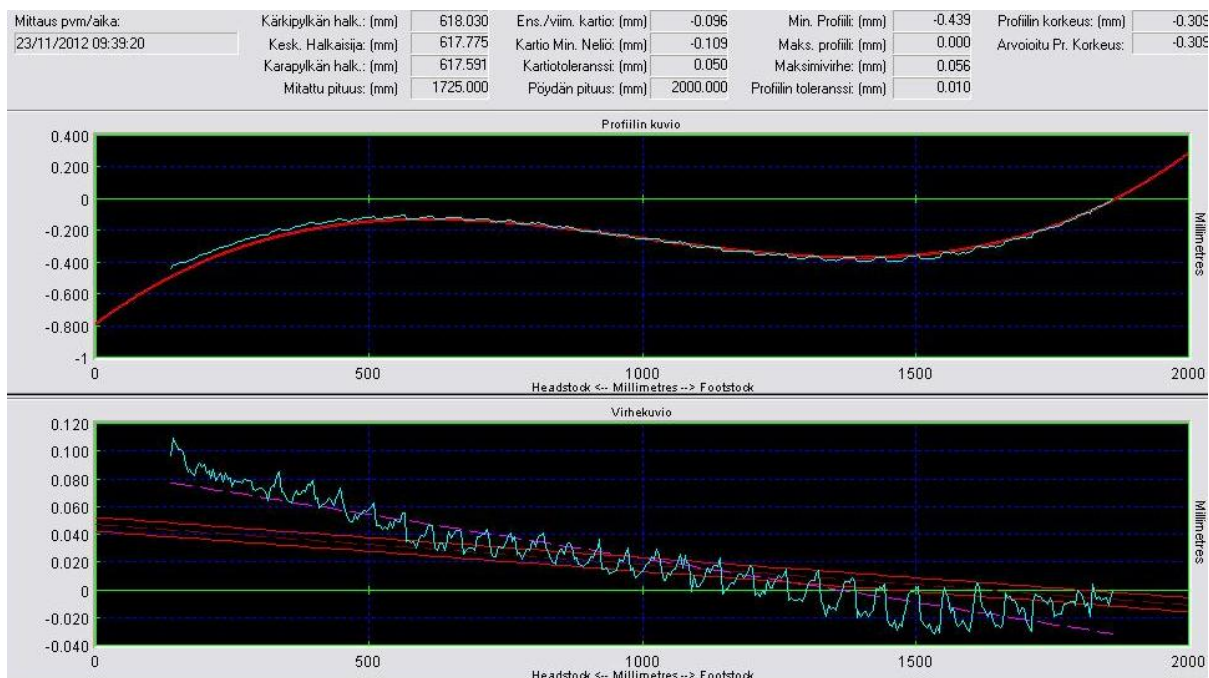
Herkules WS 450 -koneella käyttäjä mittaa kaarimikrometrillä halkaisijan valssin kummastakin päästä. Kaarimikrometreihin on olemassa kalibrointipalat, joilla voidaan varmistua mikrometrin luetettavuudesta. (Hiomo. 2012.)

Pomini-koneilla mittauksen suorittaa mittavarret. Mittaus suoritetaan koko valssin pituudelta ja mittauksesta piirtyy kuvio valssin profiilista. Valsseista mitataan alkuhalkaisija, välihalkaisija sekä hionnan päätyttyä lopullinen halkaisija. Mittavarret on mahdollista kalibroida mittakelkassa oleviin tukiin ja niitä voidaan säätää tarpeen tullen. (Hiomo. 2012.) Kuvassa 37 on erään valssin alkumittaus, jossa nähdään valssin kuluminen. Kuvan ylemmässä osiossa punainen kuvaaja kuvastaa profiilia, johon valssin muoto tulee saada hionnan päätyttyä.



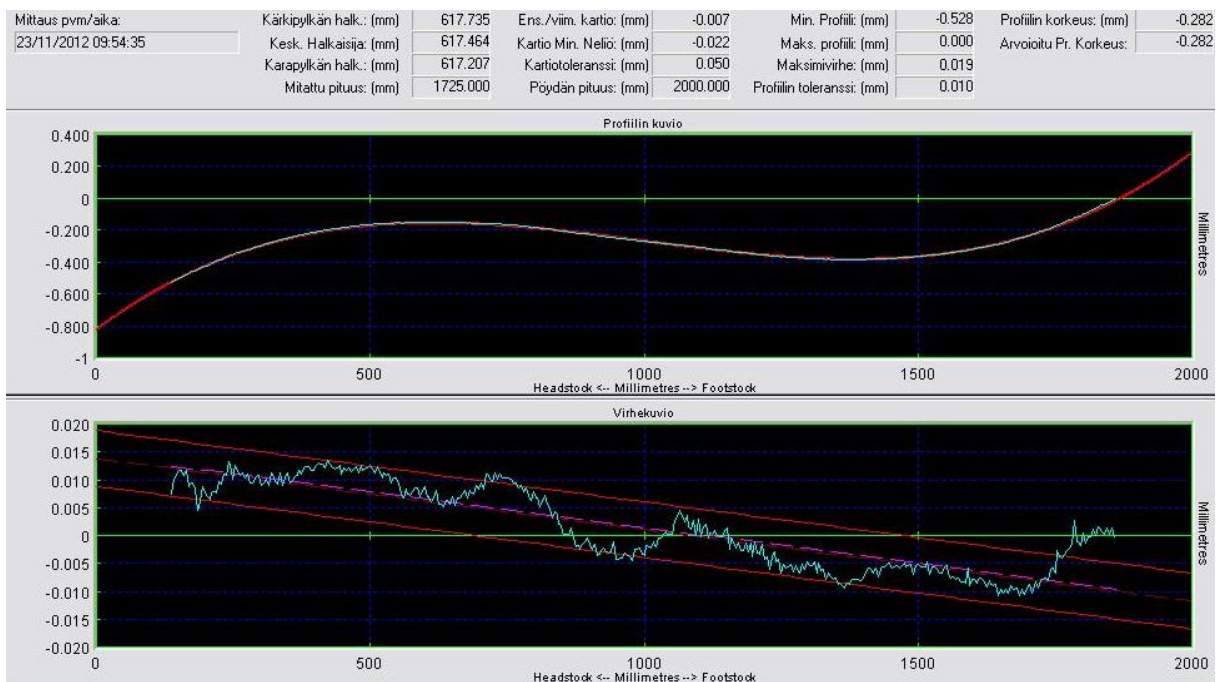
KUVA 37. Valssin alkumittaus (GrindWin. 2012)

Kuvan alemmasta osiosta nähdään paremmin valssin kuluma keskeltä. Välimittauksessa kone saa tietoon senhetkisen profiilin ja osaa laskea, mistä tulee vielä poistaa materiaalia ja mistä ei. Kuvassa 38 on samaisen valssin välimittaus.



KUVA 38. Valssin välimittaus (GrindWin. 2012)

Hionnan päätyttyä mitataan valssin lopullinen profiili. Se nähdään kuvassa 39.



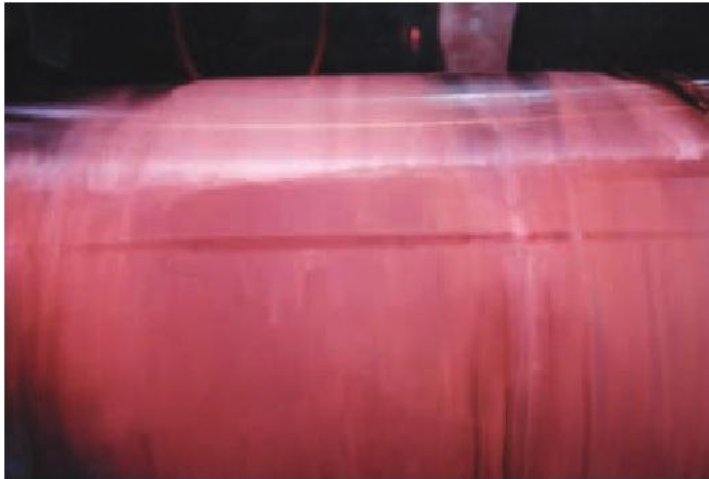
KUVA 39. Valssin lopullinen profiili (GrindWin. 2012)

Kuvasta huomataan, että lopullinen profiili on lähes identtinen punaisen kuvaa-
jan kanssa. Eroavaisuutta on vain maksimissaan 0,015 mm verran.

4.6.2 Särömittaus

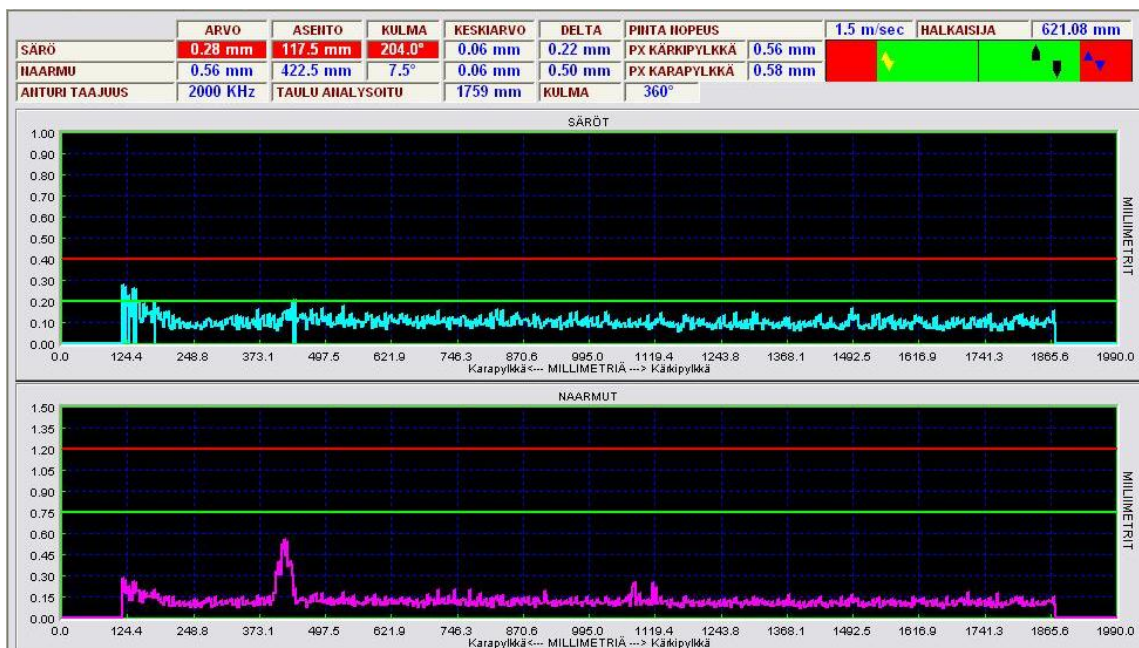
Pomini-koneilla on mahdollista suorittaa särömittaus valsseille. Särömittaus
suoritetaan valssin pyöriessä koneella. Mittaus tapahtuu koko valssin pituudelle
ja siinä nähdään myös iskujälkien (naarmujen) mittaus. (Hiomo. 2012.)

Iskujäljellä tarkoitetaan aluetta valssin pinnassa, joka poikkeaa normaalista pin-
nanlaadusta. Iskujälki on täten usein pehmeämpi kohta, jonka alueella voi esiin-
tyä myös palojälkeä. (Union electric steel corporation. 1999, 17.) Kuvassa 40
nähdään kuumennettu työkappale. Kuvassa tummana näkyvä alue on peh-
meämpää kuin ympäröivä punainen alue.



KUVA 40. Kuvassa on kuumennettu työkappale (Union electric steel corporation. 1999, 17)

Särömittaus suoritetaan Inspektor -ohjelmaa apuna käyttäen. Kuvassa 41 on särömittaus Pomini 4 -koneella.

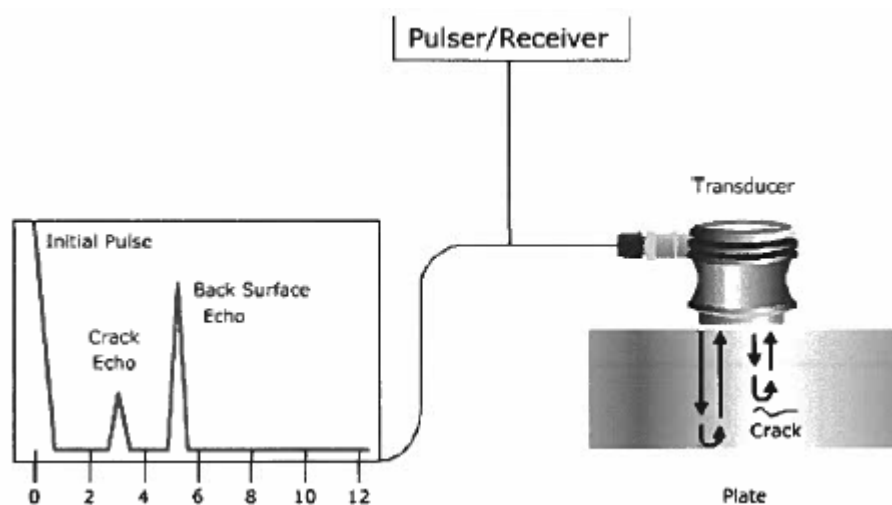


KUVA 41. Särömittaus (Inspektor.net. 2012)

Kuvassa voidaan nähdä, että säröt ja naarmut (iskujäljet) ovat hyväksyttävien arvojen sisällä. Säröjen tulee pysyä alle 0,40 mm arvoissa ja naarmujen alle 1,20 mm, muuten valssia tulee hioa lisää tai se tulee nostaa syrjään. Ylärajat ovat kuvassa punaisella vaakaviivalla. (Hiomo. 2012.)

4.6.3 Ultraäänimittaus

Särövalsseille suoritetaan usein ultraäänimittaus. Ultraäänellä nähdään tarkemmin, miten syvällä säröjä tai iskujälkiä on. Mittauksessa käytetään korkeataajuisia äänienergiaa. Äänienergia johdetaan ja jaellaan materiaaleihin aaltomuodossa. Jos aallon kulku keskeytyy esimerkiksi särön seurauksena, osa energiasta heijastuu takaisin vian pinnasta. Kuvassa 42 on esitetty periaate tarkemmin.

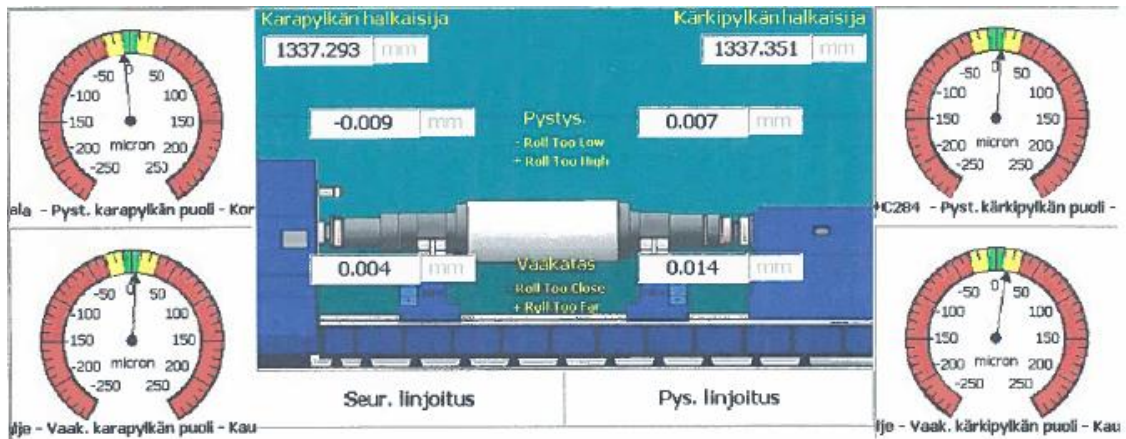


KUVA 42. Ultraäänimittauksen periaate (Pomini tenova. 2008)

Mittauksessa tulee käyttää oikeaa äänentaajuutta sekä anturin muotoa. Nämä vaikuttavat ratkaisevasti tulosten oikeellisuuteen. (Hiomo. 2012; Pomini tenova. 2008.)

4.6.4 Linjoitus

Valssin ja valssituen välissä on valkometallipalat. Palat kuitenkin kuluvat ajan kuluessa ja niitä ei aina vaihdeta jatkuvasti. Jokaisella koneella onkin mahdollisuus suorittaa valssin linjoitus. (Hiomo. 2012.) Kuvassa 43 nähdään linjoitus Pomini 3 -valssihiomakoneella.



KUVA 43. Pomini 3 -koneen linjoitus (CNViewer. 2012)

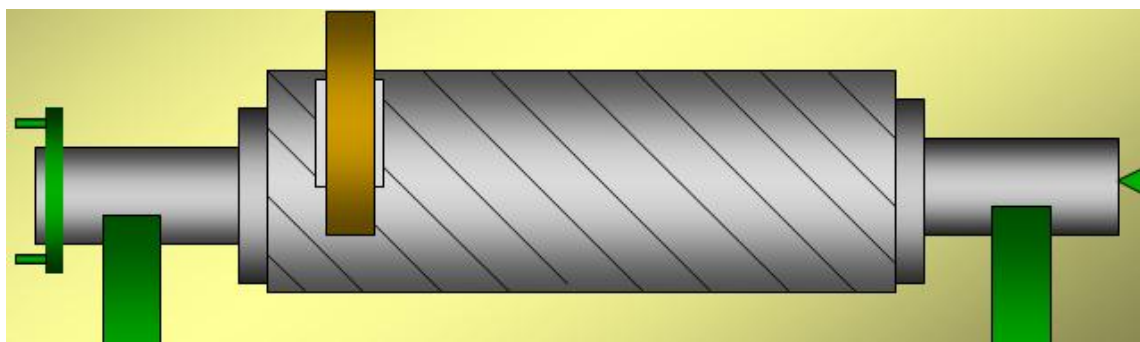
Linjoituksessa karapylkän ja kärkipylkän tukien valkometallipalojen korkeutta säädetään siten, että kuvassa näkyvät nuolet ovat mahdollisimman lähellä lukemaa 0,000 mm. (Hiomo. 2012.)

4.7 Valssien hiontavirheet

Käydään hieman tarkemmin läpi valssien hionnassa ilmeneviä virheitä. Syöttöjälkiä saattaa ilmentyä, jos

- laikka on liian leveä valssin profiiliin nähden
- laikka on liian kova tai laikan etureuna on liian terävä
- laikan keskikohta ei ole samalla linjalla valssin keskikohtaa nähden.

Kuvassa 44 nähdään paremmin syöttöjälkien aiheuttamat jäljet.



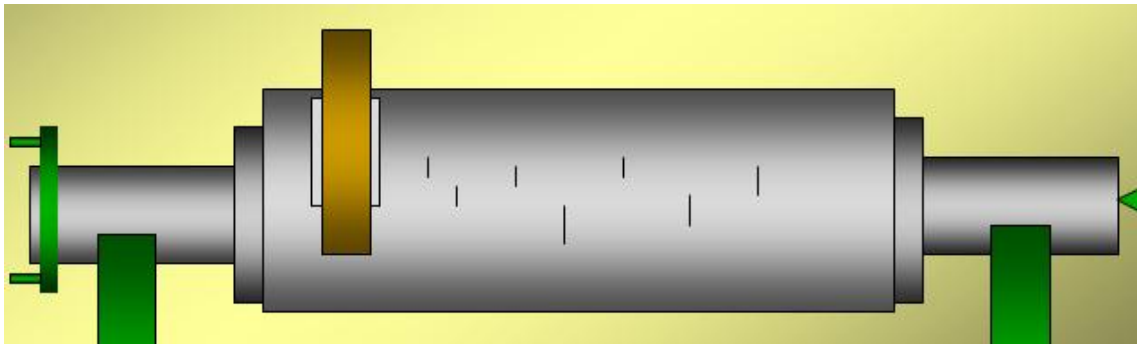
KUVA 44. Syöttöjäljet valssin pinnassa (RollEdu08N. 2008)

Ratkaisuja ongelmaan on laikan vaihtaminen kapeammaksi tai myös laikan ti-
mantointi saattaa korjata ongelman. Kannattaa myös varmistaa, että laikan kes-
kikohta on valssin keskikohdan kanssa samalla linjalla. (RollEdu08N. 2008.)

Raapimisjälkiä ilmenee seuraavissa tapauksissa:

- laikka on liian pehmeä
- hiontaneste ei ole riittävän puhdasta, vaan siellä on hiomalaikasta irron-
neita hioma-ainerakeita
- laikka on liian kova, josta aiheutuu tärinää, mikä irrottaa hiomarakeita
- liian suuret hionta-arvot.

Kuvassa 45 nähdään raapimisjälkiä valssin pinnassa.



KUVA 45. Raapimisjäljet valssin pinnassa (RollEdu08N. 2008)

Ratkaisuja tässä tapauksessa ovat seuraavat:

- laikan suojuksen ja hiontanesteen suodattimien puhdistus tietyin väliajoin
 - kiven pyörimisnopeuden suurennus ja syötön pienennys tai toisinpäin.
- (Roll-Edu08N. 2008.)

Palojälkiä aiheutuu valssiin, jos laikan pyörimisnopeus liian alhainen, laikka on
liian kova tai hiontanesteen virtaus liian pieni. Korjaustoimina ovat laikan pyöri-
misnopeuden nosto sekä hiontanesteen virtauksen kasvattaminen.

(RollEdu08N. 2008.)

Valssin huono pinnanlaatu saattaa johtua monista eri tekijöistä:

- hiontaneste ei ole riittävän puhdasta
- hiontakelkan sivuttaisliike on liian nopeaa

- laikan pyörimisnopeus on liian alhainen
- laikan syöttö on liian suuri.

Ratkaisuja ovat hiontaneste suodattimien puhdistus ja vaihtaminen uusiin tietyin väliajoin, hiontakelkan sivuttaisliikkeen nopeuden vähentäminen, laikan pyörimisnopeuden nostaminen sekä laikan syötön vähentäminen viimeistelyhionnassa. (RollEdu08N. 2008.)

5 TESTIEN HIOMALAIKAT JA OHJELMAN SISÄLTÖ

5.1 Testien hiomalaikat

Testeissä käytetään seuraavia hiomalaikkoja. Taulukossa 1 ovat hiomalaikan valmistaja ja laikan tyyppikoodi.

TAULUKKO 1. Hiomalaikan valmistaja ja laikan tyyppikoodi

Valmistaja	Laikan tyyppikoodi
SlipNaxos (3M)	534C462LBKS
Norton	NQ46M13BQN
Tyrolit	XAC36-BB50

SlipNaxos (3M) käyttää laikassaan piikarbidia (C). Sen karkeus eli jyväkkö on 46 ja kovuus L. Kovuus on keskikovaa vastaava. Sideaineina on seostettua bakeliittia. Muita ominaisuuksia laikan tyyppikoodista ei selviä.

Nortonin laikasta ei selviä hioma-aine, mutta toimittajan mukaan se on quantum. Karkeus on 46, kovuus M eli keskikova ja rakenne 13 eli avoin. Rakennetta 13 voisi kutsua jopa erittäin avoimeksi, koska esitellyt rakennearvot olivat 0 - 12. Sideaineina on jälleen seostettua bakeliittia.

Tyrolitin laikan tyyppikoodi on kaikista vaikeimmin tulkittava. Nähdään, että hioma-aine on piikarbidin sekä alumiinioksidin yhdistelmä. Karkeus on 36 ja sideaine bakeliittia. Kovuudesta ei ole tarkkaa tietoa, mutta valmistajan mukaan se on keskikova. Kyseessä on testilaikka, koska laikan tyyppikoodi on tämän muotoinen.

Hiomalaikkojen alkuhalkaisija timantoinnin jälkeen vaihteli 1 070 - 1 050 mm välillä. Halkaisijaerot johtuvat valmistajien käyttämästä hiomalaikka muotista ja timantoinnissa tarvittavien hiontapistojen lukumäärästä.

Pomini 3 ja 4 hiomakoneilla laikan teoreettinen maksimihalkaisija on 1 100 mm ja teoreettinen minimihalkaisija 655 mm. Kone ilmoittaa tarvittavasta laikan vaihdosta halkaisijan ollessa 690 mm hiottaessa Tandemin työvalsseja. Laikka

vaihdetaan usein silloin. Laikan teoreettiseen minimiin ajo ei ole järkevää, koska eri asiat vaikuttavat siihen, miten pieneksi laikka voidaan ajaa. Syitä ovat esimerkiksi valssin halkaisija ja valssityyppi. Valssin ollessa lähellä alarajaa, 600 mm, hiomalaikan akseli saattaa törmätä valssipesään, jos hiomalaikka on lähellä minimimitaansa. Lisäksi valssityypistä riippuen käytetään erilaisia valssipesiä, jolloin on mahdollista, että kone pystyy lähellä alarajaa olevalla laikalla hioimaan alatyövalssin, mutta ylätöyvalssia hioessa törmää valssipesään.

5.2 Hiontaohjelma

Hiontaohjelma rakentuu Pomini 4 -valssihiomakoneella eri vaiheista. Taulukossa 2 on hiontaohjelman vaiheet 1 - 10 ja niiden tehtävä.

TAULUKKO 2. Hiontaohjelman yleisrakenne

Hiontaohjelma	Koodi	Koodin toiminto
1	33	Profile in rotation
2	1	Hiontajärj. 1
3	12	Taper Compensation
4	2	Hiontajärj. 2
5	3	Hiontajärj. 3
6	4	Hiontajärj. 4
7	5	Hiontajärj. 5
8	13	Profiili
9	21	Ultraääni
10	40	Jakson loppu

Ensimmäisessä ohjelman vaiheessa mitataan valssin profiili pyörivästä valssista. Profiilista nähdään valssin kuluma ja senhetkinen muoto. Seuraavaksi suoritetaan hiontajärj. 1 eli valssin päiden hionta ja rouhinta 1. Seuraavaksi suoritetaan välimittaus. Välimittaukselle valssihiomakone saa tietoon valssin sen hetkisen profiilin. Kone pystyy näin ollen laskemaan mistä kohden tulee materiaalia vielä poistaa tai olla poistamatta. Hiontajärj. 2 eli rouhinta 2 on hionta ohjelman neljäs vaihe. Vaihe voidaan myös ohittaa, jos koodin 2 tilalle laitetaan numero 0.

Hiontajärj. 3 ja 4 ovat esiviimeistelyä ja hiontajärj. 5 on viimeistelyhionta. Hionnan päätyttyä mitataan valssin lopullinen profiili. Ultraäänimittaus suoritetaan,

jos kyseessä on särövalssin hionta. Käyttäjän hyväksyttyä valssin kone suorittaa jakson lopetuksen.

Käydään tarkemmin läpi hiontajärjestyksien 1...5 sisältöä. Taulukossa 3 nähdään kiven nopeudet, valssin nopeudet, hiontapistojen lukumäärät, kiven syötöt sekä hiontakelkan nopeudet eri vaiheissa.

TAULUKKO 3. Ohjelman hionta-arvot

Phase	Phase	WHEEL SPEED m/s	ROLL SPEED RPM	No OF PASSES	BARREL SPEED mm/min	CONSTANT INFEED (mm)	INFEED AT TABLE END (mm)
1	ROUGH 1	45	38	6	4200	0,08	0,05
2	ROUGH 2	45	38	4	4200	0,08	0,05
3	SEMIFINISH 1	36	38	2	3500	0,05	0,03
4	SEMIFINISH 2	34	42	2	2600	0,01	0,01
5	FINISH	25	42	2	1000	0,008	0,01

Taulukosta nähdään tiedot mahdollisesta hiontaohjelmasta ja hionta-arvoista. Kullekin hiontalaikalle tulee laatia parhaat mahdolliset hionta-arvot, jotta hiontalaikasta saadaan maksimaalinen hyöty irti.

5.3 Hiontatiedot

13.–14.9.2012 Nortonin Suomen edustajan vieraillessa Kuumavalssaamolla muokattiin hänen tekemäänsä Excel-pohjan kaavoja. Kuvassa 46 on Excel-pohjan sisällöstä tietoja. Kyseistä pohjaa on käytetty kaikkien hiontojen analyysiin.

Barrel Length (mm)	Wheel Ini (mm)	Wheel Fin (mm)	Roll Ini (mm)	Roll Fin (mm)	Stock removal (mm ³)
2000	1068,211	1067,247	678,873	678,503	788714,7
2000	1064,275	1063,578	649,665	649,175	999574,6
2000	1063,169	1062,299	649,741	649,248	1005812,1

Wheel Wear (mm ³)	G-ratio	MRR (mm ³ /min)	Grinding Time (min)	Q-kg/min (kg)	Q-kg/h (kg)
161671,6	4,9	56321,40846	14	0,49	29,41
116462,5	8,6	66613,17413	15	0,58	34,79
145218,3	6,9	67028,69839	15	0,58	35,00

KUVA 46. Excel-pohjan sisältö

Barrel lenght tarkoittaa hiottavan pinnan pituutta. Hiomalaikan ja valssin alku- ja loppuhalkaisijat sekä hionta-aika saadaan valssien hiontatiedoista, jotka nähdään paremmin kuvasta 47.

Grind. Nb.	Roll.Nb.	Op.Code	Käynnistyspäiväys/aika	End date/time	Hionta-aika
4	0896ST167	MSA	11/10/2012 7:38:50	11/10/2012 8:02:26	24
		Diam. Bef. Mid	Pres. Diam. Mid	Wheight Rem.	
		634.53	633.949	9.390927	
		Laikan Tyyppi	Wh. Start Diam.	Wh. End Diam	G Ratio
		XAC36-BB50	1013.595	1012.453	5.95521975430
Grind. Nb.	Roll.Nb.	Op.Code	Käynnistyspäiväys/aika	End date/time	Hionta-aika
4	0936ST0207	MSA	11/10/2012 8:11:13	11/10/2012 8:38:12	27
		Diam. Bef. Mid	Pres. Diam. Mid	Wheight Rem.	
		634.619	634.079	9.088223	
		Laikan Tyyppi	Wh. Start Diam.	Wh. End Diam	G Ratio
		XAC36-BB50	1011.582	1010.143	4.61741557528
Grind. Nb.	Roll.Nb.	Op.Code	Käynnistyspäiväys/aika	End date/time	Hionta-aika
4	0922ÄK0160	MSA	11/10/2012 8:55:00	11/10/2012 9:45:26	50
		Diam. Bef. Mid	Pres. Diam. Mid	Wheight Rem.	
		652.774	652.329	7.303304	
		Laikan Tyyppi	Wh. Start Diam.	Wh. End Diam	G Ratio
		XAC36-BB50	1010.214	1008.964	4.51180170599

KUVA 47. Otos hiontatiedoista (Grinder data interface. 2012)

Kuvassa 48 nähdään tarkemmin merkintöjä. Tiedot ovat poimittu hiontatiedoista.

Grind. Nb	Valssihiomakone
Roll Nb.	Valssin numero
Op. Code	Operaattorin/hiojan tunnus
Diam. Bef. Mid	Valssin halkaisija hionnan alussa
Pres. Diam. Mid.	Valssin halkaisija hionnan päätyttyä
Wh. Start Diam.	Laikan halkaisija hionnan alussa
Wh. End Diam	Laikan halkaisija hionnan päätyttyä

KUVA 48. Hiontatietojen merkintöjä

Muiden tietojen saamiseen käytetään hyväksi edellä mainittuja hiontatietoja sekä matemaattisia kaavoja. Ohessa ovat käytetyt laskukaavat 1 - 4.

$$\text{Stock removal} = ((\text{Roll Ini} - \text{Roll Fin})/2) * (\text{Barrel lenght} * 2 * \pi * (\text{Roll Ini}/2))$$

KAAVA 1

$$Wheel\ wear = \left(\frac{Wheel\ Ini - Wheel\ Fin}{2} \right) * l * 2 * \pi * (Wheel\ Ini / 2) \quad KAAVA\ 2$$

Kaavassa 2 l tarkoittaa laikan leveyttä. Laikka on 100 mm leveä, se on vakio kaikille käytettäville hiomalaikoille.

$$Gratio = \frac{Stock\ removal}{Wheel\ wear} \quad KAAVA\ 3$$

G-arvo kuvastaa hyvin materiaalin poiston ja kiven kuluman välistä suhdetta. Q tai MRR (material removal rate) kuvastaa poistettua materiaalin määrää tietyssä ajassa. Kaavassa 4 nähdään laskukaava materiaalin poiston laskemiseksi minuutissa.

$$Q - kg/min = \frac{\frac{Stock\ removal * 0,0087}{1000}}{GrindTime} \quad KAAVA\ 4$$

6 TULOKSET

6.1 SlipNaxos-hiomalaikkatestit

SlipNaxoksen hiomalaikkaa pidetään selostuksessani referenssilaiikkana muihin hiomalaikkavalmistajiin. SlipNaxoksen laikkoja on ollut käytössä valssihiomossa lukemattomia määriä, joten ohjelma oli jo valmiina. Ohjelmaa tosin muokattiin hieman ennen hiontojen aloittamista. Lopullinen ohjelma oli taulukon 4 mukainen.

TAULUKKO 4. SlipNaxos-hiomalaikan ohjelma

Phase	Phase	WHEEL SPEED m/s	ROLL SPEED RPM	No OF PASSES	BARREL SPEED mm/min	CONSTANT INFEEED (mm)	INFEEED AT TABLE END (mm)
1	ROUGH 1	45	38	5	4200	0,08	0,05
2	ROUGH 2	45	38	5	4200	0,08	0,05
3	SEMIFINISH 1	36	38	2	3500	0,05	0,03
4	SEMIFINISH 2	34	42	4	3000	0,01	0,01
5	FINISH	25	42	2	1000	0,008	0,01

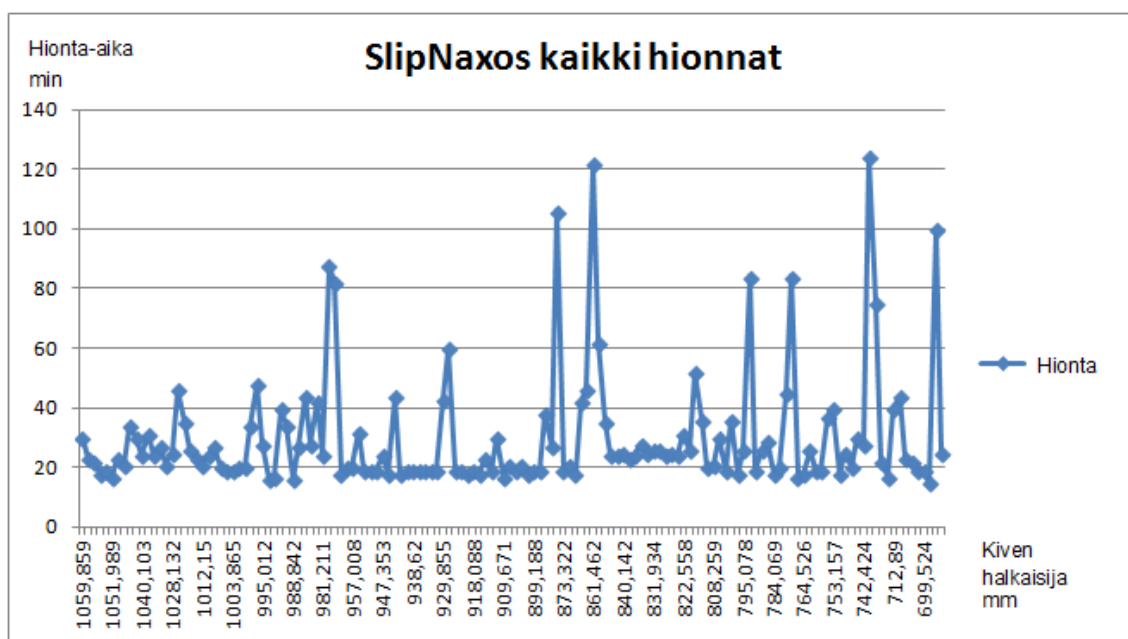
29.9.2012 - 5.10.2012 hiottiin 144 valssia. Taulukossa 5 nähdään kaavojen avulla saadut keskiarvot materiaalin poistosta minuutissa ja tunnissa, G-arvosta ja hionta-ajasta.

TAULUKKO 5. SlipNaxos-hiomalaikan hiontojen keskiarvot

Q- kg/min avg.	0,40
Q- kg/h avg.	24,16
G-ratio avg.	4,8
Grind time avg.min	30,14

Kuvassa 49 nähdään SlipNaxosin hiomalaikan kaikki hionnat. Nähdään, ettei hiomalaikan koko vaikuta hionta-aikaan. Kuvasta huomataan selvästi, että suurin osa hionnoista pysyttelee 20 minuutin tienoilla ja osa menee selvästi yli 40

minuutin. Hionta-aika piikit ovat säröhiontoja tai uuden valssin profiiliin hiontoja.



KUVA 49. SlipNaxos-hiomalaikan kaikki hionnat

6.2 Norton-hiomalaikkatestit

Norton-hiomalaikkatestit aloitettiin 6.9.2012, jolloin laikka kiinnitettiin Pomini 4 -valssihiomakoneeseen. Laikka ajettiin minimimitaansa 11.9.2012. Ohjelman rakenne nähdään taulukossa 6. Taulukosta huomataan, että rouhinta 2 on jätetty kokonaan pois ohjelmasta.

TAULUKKO 6. Norton-hiomalaikan ohjelma

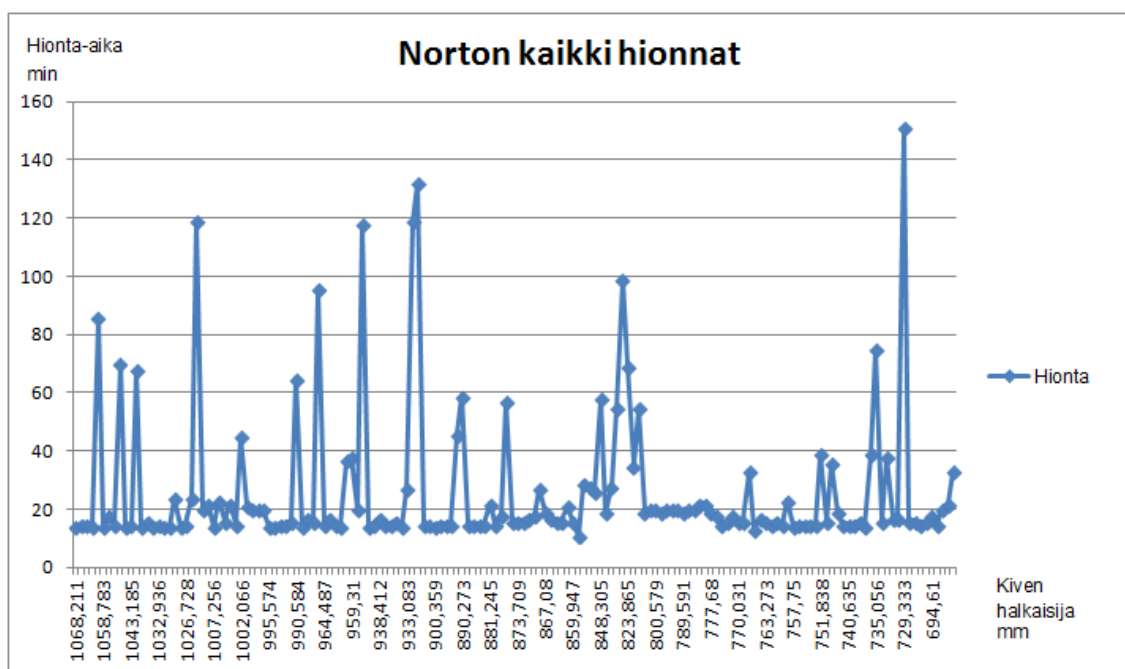
Phase	Phase	WHEEL SPEED m/s	ROLL SPEED RPM	No OF PASSES	BARREL SPEED mm/min	CONSTANT INFEED (mm)	INFEED AT TABLE END (mm)
1	ROUGH 1	45	38	5	4200	0,08	0,05
2	ROUGH 2	45	38	0	4200	0,08	0,05
3	SEMIFINISH 1	36	38	2	3500	0,05	0,03
4	SEMIFINISH 2	34	42	4	3000	0,01	0,01
5	FINISH	25	42	2	1000	0,008	0,01

Hiontatietojen avulla selvisi, että hiomalaikalla hiottiin 161 valssia. Taulukosta 7 nähdään hiontojen keskiarvot.

TAULUKKO 7. Norton-hiomalaikan hiontojen keskiarvot

Q- kg/min avg.	0,51
Q- kg/h avg.	30,36
G-ratio avg.	6,9
Grind time avg.min	26,22

Nortonin hiomalaikan kaikissa hionnoista huomataan, että on hiottu paljon särövalsisseja. Se nähdään paremmin kuvasta 50.



KUVA 50. Norton-hiomalaikan kaikki hionnat

6.3 Tyrolit-hiomalaikkatestit

Viimeisenä ovat suoritettut Tyrolit-hiomalaikkatestit. Ohjelma laadittiin yhdessä Tyrolitin käyttöinsinöörin kanssa. Hiontaohjelman viimeinen muoto on taulukon 8 mukainen. Myös nyt rouhinta 2 on jätetty pois ohjelmasta.

TAULUKKO 8. Tyrolit-hiomalaikan ohjelma

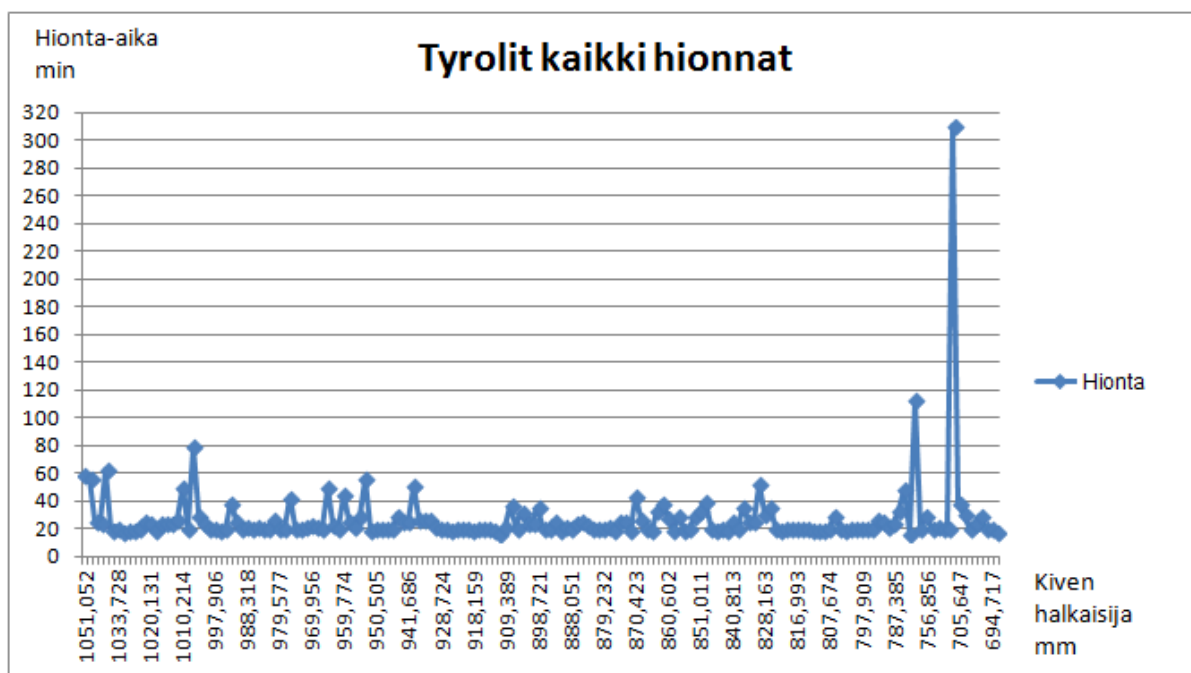
Phase	Phase	WHEEL SPEED m/s	ROLL SPEED RPM	No OF PASSES	BARREL SPEED mm/min	CONSTANT INFEEED (mm)	INFEEED AT TABLE END (mm)
1	ROUGH 1	42	43	8	4200	0,07	0,035
2	ROUGH 2	41	45	5	4200	0,08	0,05
3	SEMIFINISH 1	41	45	4	3400	0,05	0,02
4	SEMIFINISH 2	38	46	4	2600	0,02	0,02
5	FINISH	25	42	2	1000	0,01	0,005

Aiemmassa ohjelmassa syöttö valssin päissä oli 0,03 eli sitä on kasvatettu hie-
man tähän ja rouhinnassa laskettiin nopeus 45rpm:stä 43rpm:ään. 10.-
17.10.2012 välisenä aikana hiottiin 172 valssia ja niiden hiontojen keskiarvot
nähdään taulukosta 9.

TAULUKKO 9. Tyrolit-hiomalaikan hiontojen keskiarvot

Q- kg/min avg.	0,31
Q- kg/h avg.	18,44
G-ratio avg.	4,4
Grind time avg.min	27,42

Tarkastellaan Tyrolit-hiomalaikan hionta-aikoja. Ajat ovat nähtävissä kuvassa
51.



KUVA 51. Tyrolit-hiomalaikan kaikki hionnat

6.4 Yhteenveto kaikista hionnoista

Tarkastellaan kolmen eri hiomalaikan saatuja keskiarvoja kaikista hionnoista hieman tarkemmin. Taulukossa 10 on aiemmin saadut keskiarvot poimittuina yhteen.

TAULUKKO 10. Kaikkien hiontojen keskiarvot

	SlipNaxos	Norton	Tyrolit
Q- kg/min avg.	0,40	0,51	0,31
Q- kg/h avg.	24,16	30,36	18,44
G-ratio avg.	4,8	6,9	4,4
Grind time avg.min	30,14	26,22	27,42

Voidaan huomata materiaalin poistomääristä minuuteissa tai tunneissa, että Nortonin hiomalaikka on selvästi kärjessä. Seuraavana tulevat SlipNaxoksen ja Tyrolitin laikat. G-arvot seuraavat samaa rakennetta.

Hionta-aikojen keskimäärässä Norton on myös ensimmäisenä pienimmällä hionta-ajallaan jota seuraavat Tyrolit ja SlipNaxos. Hionta-ajat eivät kuitenkaan ole kovin luotettavia, koska kaikissa hionnoissa ovat mukana myös särövalssi-

en, uusien valssien profiiliin hionnat sekä hionnat joiden hyväksymiseen on kulunut epätavallisen kauan aikaa.

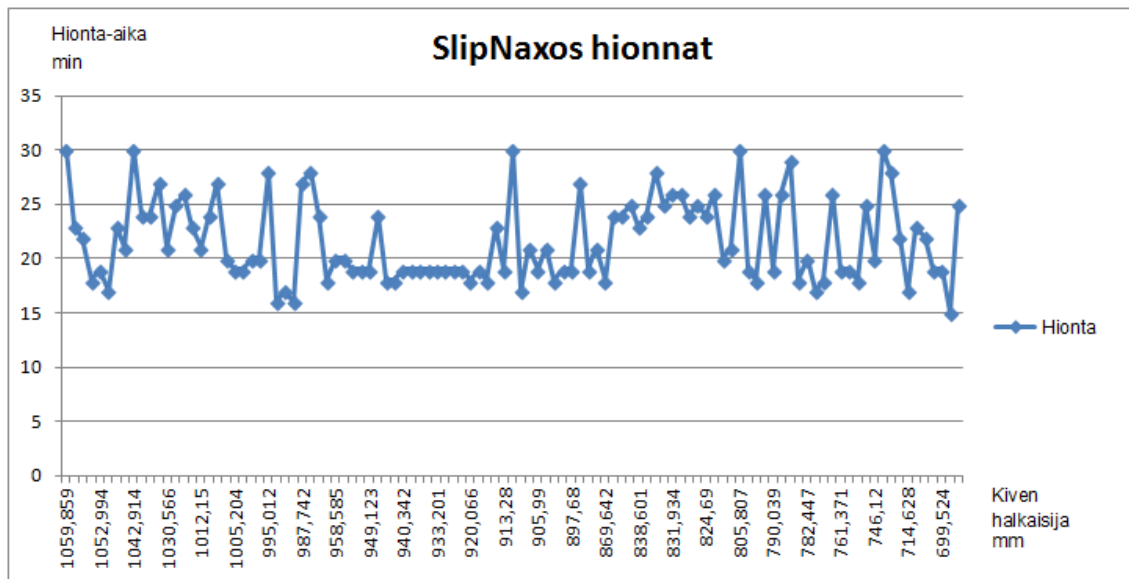
7 TULOSTEN ANALYSOINTI

Tulosten analysointi vaiheessa poistetaan kaikista hionnoista säröhionnat, uuden valssin profiilihionnat sekä hionnat, joiden hyväksymiseen on kulunut yllättävän kauan aikaa erinäisten asioiden vuoksi. Vuorossa olevat hiojat voivat olla esimerkiksi vaihtamassa linjalle tukivalssseja, laakeroimassa valssseja, palaverissa tai korjaamassa automaattihäiriöitä, jolloin valvomo jää tyhjilleen. Tukivalssien vaihdossa linjan valssaaajat siirtävät tukivalssit valssin vaihtovaunua apuna käyttäen hiomon puolelle. Tuloksena tulisi olla lähes yhtenäinen kuvaaja, joissa hionta-ajoissa ei ole kovin suurta eroa, korkeintaan 5 minuuttia.

Tandemin työvalssit hiotaan pareittain. Ensiksi hiotaan ylätyövalssi ja seuraavaksi alatyövalssi. Halkaisijat tulee asettua maksimissaan 0,2 mm sisään toisistaan. Alavalssin hionnassa ohjelmaan kytkeytyy päälle pariin hionta, joten alavalssin hionnassa yleensä kestää muutama minuutti kauemmin. Näin ei tapahdu aina, sillä aikaan vaikuttavat valssiparin lähtöhalkaisijat. Valssihiomakone tarkistaa hiottavan alatyövalssin halkaisijaa hionnan aikana. Halkaisijaeron ollessa yli 0,25 mm suurempi verrattuna ylätyövalssiin kone lisää automaattisesti hiontapistoja ennen särömittausta ja viimeistelyhiontaa.

7.1 SlipNaxos-hiomalaikka

SlipNaxos hiontojen hioma-ajat vaihtelevat suhteellisen paljon. Ajat pysyvät 15 - 30 minuutin sisällä. Kuvasta 52 voidaan tarkastella aikoja tarkemmin.



KUVA 52. SlipNaxos-hiomalaikan normaalit hionnat

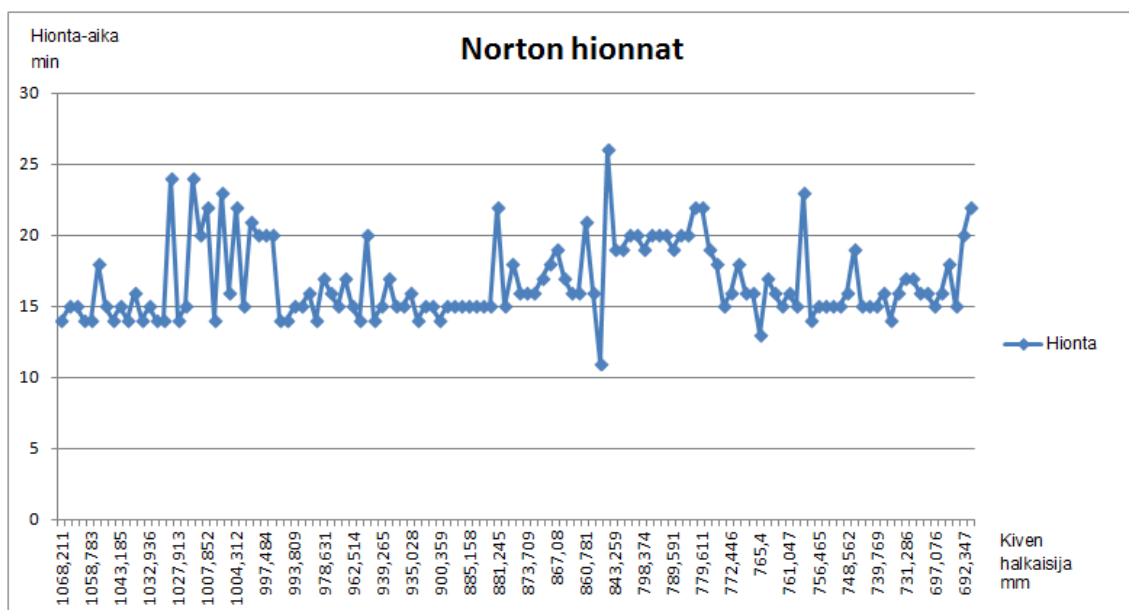
Hiontoja on 107 eli 37 vähemmän kuin alun perin. Keskiarvot näistä voidaan nähdä taulukosta 11. Materiaalin poistot sekä G-arvo ovat pysyneet ennallaan.

TAULUKKO 11. SlipNaxos-hiomalaikan keskiarvot normaalihiomnoista

Q- kg/min avg.	0,41
Q- kg/h avg.	24,33
G-ratio avg.	5,0
Grind time avg.min	21,72

7.2 Norton-hiomalaikka

Kuvassa 53 nähdään hionta-ajat tarkemmin. Hionta-ajoissa on vieläkin suhteellisen kovia eroavaisuuksia, mutta tämä antaa kuitenkin tarkemman kuvan laikan normaalihiomnoista.



KUVA 53. Norton-hiomalaikan normaalit hionnat

Taulukossa 12 on esitetty keskiarvot hionta-ajasta, materiaalin poistosta minuutissa sekä tunnissa sekä G-arvosta.

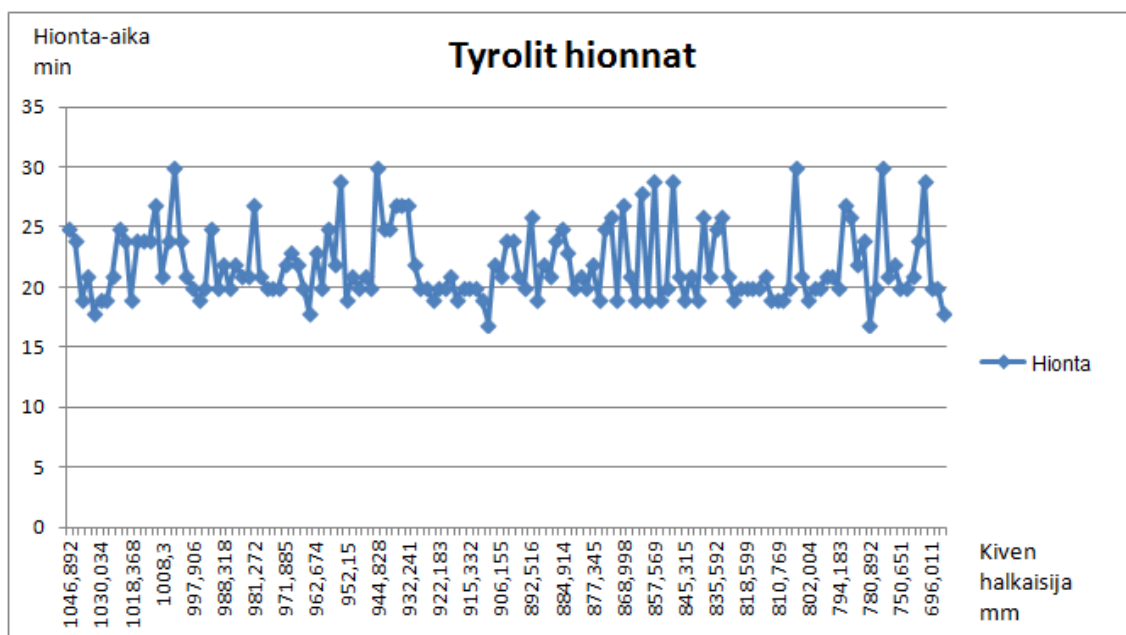
TAULUKKO 12. Norton-hiomalaikan keskiarvot normaalihionnoista

Q- kg/min avg.	0,49
Q- kg/h avg.	29,26
G-ratio avg.	7,1
Grind time avg.min	16,69

Verrattuna kaikkiin Norton-hiomalaikan hiontoihin voidaan huomata, että materiaalin poistot ja G-arvo ovat pysyneet lähes ennallaan. Hionta-ajan keskiarvo on laskenut lähes 10 minuuttia, joka kuvastaa nyt paljon paremmin normaalia hionta-aikaa kyseisellä hiomalaikalla. Hiontoja kertyi 126 eli 35 hiontaa poikkesi reilusti normaalista.

7.3 Tyrolit-hiomalaikka

Tyrolit-hiomalaikan aikoja voidaan tarkastella kuvassa 54. Hionta-ajat ovat ta-
soittuneet verrattuna kaikkiin hiontoihin.



KUVA 54. Tyrolit hiomalaikan normaalit hionnat

Hiontoja kertyi 143 eli 29 vähemmän kuin alun perin. Keskiarvot voidaan nähdä taulukosta 13. Huomataan, että arvot ovat pysyneet ennallaan.

TAULUKKO 13. Tyrolit hiomalaikan keskiarvot normaalihionnoista

Q- kg/min avg.	0,32
Q- kg/h avg.	19,25
G-ratio avg.	4,6
Grind time avg.min	21,94

7.4 Yhteenveto normaalihionnoista

Taulukkoon 14 on kerätty yhteenveto normaalihionnoista. Taulukosta nähdään tarkemmin edellä mainitut arvot hiomalaikan suorituskvyyvystä. Materiaalin poisto Nortonin hiomalaikalla on parempi kuin SlipNaxosin ja Tyrolitin laikalla. Hionta-aika ja G-arvo ovat myös paremmat.

TAULUKKO 14. Keskiarvot normaalihiionnoista.

	SlipNaxos	Norton	Tyrolit
Q- kg/min avg.	0,41	0,49	0,32
Q- kg/h avg.	24,33	29,26	19,25
G-ratio avg.	5	7,1	4,6
Grind time avg.min	21,72	16,69	21,94

Tulosten eroavaisuus johtuu lähinnä hiomalaikkojen eroavaisuuksista: kovuus, jyväkoko ja hioma-aine. Kaikki laikat olivat keskikovia ja karkeusarvot olivat 36 - 46. Lisäksi kaikissa laikoissa käytettiin sideaineena seostettua bakeliittia. Tarkempaa analyysia hiomalaikkojen rakenteellisista eroavaisuuksista ei voi tehdä laikkojen tyyppikoodien perusteella. Valmistajien antamien tietojen perusteella laikoista ei löytynyt mitään suuria eroja, joten hiomalaikkojen erot johtuvat hiomalaikkojen side- ja täyteaineiden määristä sekä valmistusmenetelmien eroista.

8 YHTEENVETO

Työssä tarkoituksena oli löytää kuumavalssaamalla suoritettaviin Tandemin työvalssien nopein hionta-aika, kun pinnanlaatu, profiili ja materiaalipoisto pysyvät entisellä tasollaan. Tavoitteena oli luoda uusille hiomakiville oma hiontaohjelma ja standardisoitu testiohjelma myöhemmin suoritettavia testejä varten. Testeissä vertailtiin eri valmistajien hiomalaikkoja: Norton, SlipNaxos (3M) ja Tyrolit. Valssien hionnassa tärkeintä on poistaa valssauksesta syntyneet muutokset kuten kulumat, säröt sekä muoto eli profiili entiselle tasolleen. Materiaalin poistolle ei ole asetettu vähimmäisrajaa, kunhan profiili palautuu ennalleen sekä säröt ja iskusta syntyneet jäljet ovat hyväksyttävien arvojen sisällä.

Työn tuloksista nähtiin, että Nortonin hiomalaikka on suorituskyvyltään paras. Hiomalaikalla saavutettiin alle 17 minuutin hionta-aika valsseille, joiden profiili tarvitsi palauttaa ennalleen ja särö tai iskusta (naarmusta) syntyneet jäljet eivät ylittäneet maksimiarvoa. Nortonin hiomalaikan materiaalin poisto kyky oli noin 20 % parempi kuin SlipNaxosin ja 53 % parempi kuin Tyrolitin laikoilla sekä G-arvo oli selvästi korkeampi. G-arvo kuvastaa poistetun materiaalin ja kiven kuluman välistä suhdetta. Taulukkoon 16 on koottu normaalihiontojen keskiarvot.

TAULUKKO 16. Normaalihiontojen keskiarvot

	SlipNaxos	Norton	Tyrolit
Q- kg/min avg.	0,41	0,49	0,32
Q- kg/h avg.	24,33	29,26	19,25
G-ratio avg.	5	7,1	4,6
Grind time avg.min	21,72	16,69	21,94

Laikkojen rakenteellisia eroavaisuuksia oli hankala vertailla toisiinsa puutteellisten laikan tyyppikoodien perusteella. Vertailussa huomattiin, että karkeusarvot olivat 36 - 46. Laikka oli lähes aina keskikova, ja sideaineena käytettiin seostettua bakeliittia. Bakeliitille on ominaista suuri lujuus ja joustavuus. Se soveltuu hyvin rouhintahiontaan.

Myöhemmin suoritettaville hiomalaikkatesteille käyttäisin taulukon 17 mukaista ohjelmaa. SlipNaxosin, Nortonin ja Tyrolitin ohjelmat eivät eronneet paljoa toisistaan. Ohjelman rakenne onkin näistä yhdistelmä, joka pienin muutoksin täyttää varmasti laikalle asetetut tavoitteet.

TAULUKKO 17. Ohjelma myöhemmin suoritettaville hiontatesteille

Phase	Phase	WHEEL SPEED m/s	ROLL SPEED RPM	No OF PASSES	BARREL SPEED mm/min	CONSTANT INFEEED (mm)	INFEEED AT TABLE END (mm)
1	ROUGH 1	45	38	6	4200	0,08	0,05
2	ROUGH 2	45	38	0	4200	0,08	0,05
3	SEMIFINISH 1	36	38	2	3500	0,05	0,03
4	SEMIFINISH 2	34	42	4	3000	0,02	0,01
5	FINISH	25	42	2	1000	0,008	0,01

Opinnäytetyössä oli tarkoituksena etsiä suorituskyvyltä paras mahdollinen hiomalaikka. Tulosten mukaan se on Nortonin valmistama. Tarkoituksenani ei ole tarkastella laikkojen hinta-laatusuhdetta, joten laikan valinta Tandemin työvalseille jää Outokummun päätettäväksi.

LÄHTEET

AMI Quality Assurance. 2010. Saint-Gobain-Abrasives.

CNViewer. 2012. Pomini-hiomakoneiden hiontaohjelman päänäyttö linjoitus sivulehti. Pomini tenova.

Grinder data interface. 2012. Pomini-hiomakoneiden ohjelma. Statistic Data. Pomini tenova.

GrindWin. 2012. Pomini-hiomakoneiden profiilinmittausohjelma. Pomini tenova.

Hiomo. 2012. Suullinen tiedonanto vuorohiomon työntekijöiltä. Tornio: Outokumpu Tornio Works, Kuumavalssaamo.

Ihalainen, Erkki – Aaltonen, Kalevi – Aromäki, Mauri – Sihvonen, Pentti 2009. Valmistustekniikka. 13. painos. Helsinki: Hakapaino Oy.

Inspektor.net. 2012. Pomini-hiomakoneiden särömittausohjelma. Pomini tenova

Maaranen, Keijo 2012. Koneistus. 1 painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Outokumpu. 2009. Tervetuloa kuumavalssaamolle kesäharjoittelijan infopaketti.

Pomini tenova. 2008. Machine documentation. Volume 7: Telojen tarkastus.

Päivähiomo. 2012. Suullinen tiedonanto päivähiomon työntekijöiltä. Tornio: Outokumpu Tornio Works, Kuumavalssaamo.

RollEdu08N. 2008. PowerPoint-diasarja. SlipNaxos AB.

Roll grinding handbook. 2007. PowerPoint-diasarja. SlipNaxos AB.

Technical Presentation. 2012. Seminar roll grinding. Tyrolit.

Telahiontakurssi. 2008. PowerPoint-diasarja. AEL.

Union electric steel corporation. 2009. Forged hardened steel rolls, service problems, causes and prevention.

Åkers. 2012 Åkers Group. Saatavissa:

http://www.akersrolls.com/templates/Productlist_____1346.aspx. Hakupäivä 19.10.2012.